

**PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA DE POTENCIA ELÉCTRICA DEL
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL DEL MUNICIPIO DE SAN GIL EN UN
HORIZONTE DE PLANEACION DE DIEZ AÑOS.**

LINA YULIETH BAUTISTA CHINCHILLA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2017**

**PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA DE POTENCIA ELÉCTRICA DEL
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL DEL MUNICIPIO DE SAN GIL EN UN
HORIZONTE DE PLANEACION DE DIEZ AÑOS.**

LINA YULIETH BAUTISTA CHINCHILLA

*Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Electricista*

Director

OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Codirector

GUILLERMO ANDRÉS BELTRÁN MANTILLA

Ingeniero Electricista

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinita misericordia, por todo su amor, por cuidar cada paso que doy y por llenar mi vida de tantas bendiciones.

A mi mamá Elida Chinchilla, por enseñarme el amor verdadero y por ser toda la motivación en mi corazón.

A mi hermana Diana Karina, por ser mi compañera y apoyo en todas las etapas de mi vida.

A Jose Alberto, por llegar a mi camino, por creer en mí y compartir sus sueños con los míos

A los ingenieros Ana María Vargas y Guillermo Andrés Beltrán, por velar en todo momento por el exitoso cumplimiento de los objetivos planteados para el desarrollo de esta práctica empresarial.

A los ingenieros Ray Hayder Rosales y Álvaro Julián fuentes, quienes más que mis guías en este proceso de formación, se convirtieron en mis amigos y la mejor compañía durante estos seis meses.

A todo el equipo de trabajo de planificación y gestión del área de gestión operativa de la ESSA, por hacerme sentir parte del equipo a través de su gran calidez humana.

A mis amigas, que siempre tienen una voz de aliento para mí en los momentos difíciles, además de sentir como suya la alegría de mis logros.

Por último, a cada una de las personas que encontré en el camino por mi paso en la UJS y la ESSA, que creyeron en mí como profesional y persona. El exitoso resultado de este trabajo es gracias a ustedes.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
DECLARACIÓN DEL PROBLEMA	16
OBJETIVOS.....	18
1. METODOLOGIA PARA LA PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA (PED)	20
1.1 ANTECEDENTES	20
1.2 TECNICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PED	21
1.2.1 La técnica de regresión lineal.....	21
1.2.2 La técnica de Suavizamiento Simple (Exponencial).....	22
1.2.3 La técnica de Suavizamiento Doble.	22
1.2.4 El criterio del Error Medio Cuadrático (EMC).	24
1.3 CRITERIOS DE PREFERENCIA DE ASENTAMIENTO	24
1.3.1 Preferencia inicial de clientes.	25
1.3.2 Curva de Gompertz.	25
1.4 DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DEL TERRITORIO	28
1.5 METODOLOGÍA.....	29
1.5.1 El Cuanto..	29
1.5.2 El Dónde.	30
1.5.3 El Cuándo.	31
2.PROYECCIÓN GLOBAL DE CLIENTES	34
2.1 HERRAMIENTA ESTADÍSTICA.....	34
2.2 HISTÓRICO DE CLIENTES EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL	35
2.3 RESULTADOS	36
3.DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES	42
3.1 DEFINICIÓN DE MICROÁREAS GEOGRÁFICAS.....	42
3.2 PREFERENCIA INICIAL DE CLIENTES	43
3.3 PROYECTOS PUNTUALES - AÑO 3.....	48
3.4 CUANTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE NUEVOS CLIENTES	50
3.4.1 Potencial de nuevos clientes en zona urbana..	51

3.4.2	Potencial de nuevos clientes en zona de expansión y suelo suburbano.....	53
3.5	PROPORCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES TIPO RESIDENCIAL.....	57
3.5.1	Año 3.....	58
3.5.2	Año 5.....	61
3.5.3	Año 10.....	68
3.6	PROPORCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES TIPO COMERCIAL E INDUSTRIAL.....	76
4.	DEMANDA DE POTENCIA	79
4.1	KVA/INSTALACIÓN POR TIPOS DE USUARIO.....	79
4.2	DEMANDA DE POTENCIA ADICIONAL.....	86
4.2.1	Año 3.....	87
4.2.2	Año 5.....	87
4.2.3	Año 10.....	88
4.3	POTENCIA DE LA PROVINCIA DE GUANENTÁ	91
5.	PROYECCIÓN SDL NIVEL DE TENSIÓN II SAN GIL 2017 - 2026.....	94
5.1	CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE POTENCIA.....	94
5.2	DEMANDA MÁXIMA DE POTENCIA.....	95
5.3	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO CONSTANTE - TACC.....	96
5.4	PROYECCIÓN DE DEMANDA DE POTENCIA (2017 – 2026).....	98
6.	SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	100
6.1	SIMULACIÓN EN DIGSILENT	100
6.2	CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	101
6.2.1	Perfiles de tensión.....	101
6.2.2	Cargabilidad.....	107
6.3	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	108
6.4	PLAN DE OBRAS.....	110
7.	CONCLUSIONES.....	111
7.1	APORTES Y SUGERENCIAS.....	113
8.	REFERENCIAS	114
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factores de corrección de Gompertz.....	28
Tabla 2. Histórico de clientes por tipo de usuario en el municipio de San Gil	35
Tabla 3. Delta del histórico de clientes por tipo de usuario en el municipio de San Gil	36
Tabla 4. Pronóstico de la serie de tiempo	37
Tabla 5. Porcentajes por tipo de cliente que atiende cada circuito de la Subestación 79 San Gil	42
Tabla 6. Histórico de clientes por circuito	43
Tabla 7. Clientes del municipio de San Gil atendidos por cada circuito.....	45
Tabla 8. Preferencia inicial de viviendas	47
Tabla 9. Preferencia inicial de clientes comerciales e industriales	47
Tabla 10. Proyectos puntuales residenciales - año 3.	49
Tabla 11. Potencial de viviendas en el suelo urbano del municipio de San Gil	52
Tabla 12. Nuevos predios urbanos del municipio de San Gil	53
Tabla 13. Potencial de viviendas en predios de zona de expansión urbana y suelo suburbano	56
Tabla 14. Demanda vegetativa anual para usuario tipo residencial A - Año 3	58
Tabla 15. Demanda vegetativa anual para usuario tipo residencial B - Año 3	58
Tabla 16. Proporción de distribución de clientes para usuario tipo residencial A - Año 3	59
Tabla 17. Proporción de distribución de clientes para usuario tipo residencial B - Año 3	59
Tabla 18. Total de viviendas tipo residencial A en el territorio - Año 3	60
Tabla 19. Total de viviendas tipo residencial B en el territorio - Año 3	61
Tabla 20. Preferencia Inicial de clientes tipo residencial - Año 5	62
Tabla 21. Porcentaje de ocupación del territorio en el año 3 con respecto al total de viviendas estimado para el año 5.	63
Tabla 22. Primera proporción de distribución de clientes - Año 5	64

Tabla 23. Primera distribución de clientes en el territorio - Año 5	65
Tabla 24. Segunda proporción de distribución de clientes - Año 5	66
Tabla 25. Segunda distribución de clientes en el territorio - Año 5 ²⁸	67
Tabla 26. Resultados de la distribución de usuarios tipo residencial - Año 5	68
Tabla 27. Preferencia Inicial de clientes tipo residencial - Año 10	69
Tabla 28. Total del potencial de viviendas - Año 10	69
Tabla 29. Porcentaje de ocupación del territorio en el año 5 con respecto al total de viviendas estimado para el año 10	70
Tabla 30. Primera proporción de distribución de clientes - Año 10	71
Tabla 31. Primera distribución de clientes en el territorio - Año 10 ³⁴	72
Tabla 32. Segunda proporción de distribución de clientes - Año 10	73
Tabla 33. Segunda distribución de clientes en el territorio - Año 10 ³⁴	74
Tabla 34. Resultados de la distribución de usuarios tipo residencial - Año 10	75
Tabla 35. Distribución de clientes Comerciales	77
Tabla 36. Distribución de clientes Industriales	78
Tabla 37. Cantidad de clientes facturados durante el mes de diciembre del año 2016.....	80
Tabla 38. Demanda en [kW-h/día] durante el mes de diciembre del año 2016	81
Tabla 39. KVA/Instalación por tipos de usuario	86
Tabla 40. Crecimiento de la demanda de potencia - Año 3	87
Tabla 41. Crecimiento de la demanda de potencia - Año 5	88
Tabla 42. Crecimiento de la demanda de potencia - Año 10	89
Tabla 43. Delta de demanda de potencia por parte de los clientes urbanos del municipio de San Gil	89
Tabla 44. Delta acumulado de demanda de potencia por parte de los clientes urbanos del municipio de San Gil ⁴⁸	90
Tabla 45. Delta de demanda de potencia por parte de los demás municipios de la provincia de Guanentá	91
Tabla 46. Delta acumulado de demanda de potencia por parte de los demás municipios de la provincia de Guanentá	92

Tabla 47. Crecimiento de la demanda de potencia al final de cada plazo dentro del horizonte de planeación.	94
Tabla 48. Demanda máxima de potencia - año 2016.	96
Tabla 49. Tasa anual de crecimiento constante - TACC.	97
Tabla 50. Proyección de demanda de potencia (2017-2026)	98
Tabla 51. Propuesta de obras para mejorar los perfiles de tensión	109
Tabla 52. Plan de obras recomendada para el SDL del municipio de San Gil.....	110

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo de la curva de Gompertz	26
Ilustración 2. Definición de las zonas en la curva de Gompertz de acuerdo al nivel de poblamiento	27
Ilustración 3. Metodología PED.....	33
Ilustración 4. Modificación cartográfica de la ampliación del perímetro urbano y ajuste al Plan de Ordenamiento territorial del municipio de San Gil. [1]	51
Ilustración 5. Curva de demanda diaria (Sector residencial A)	82
Ilustración 6. Curva de demanda diaria (Sector residencial B)	83
Ilustración 7. Curva de demanda diaria (Sector comercial)	83
Ilustración 8. Curva de demanda diaria (Sector Industrial)	85
Ilustración 9. Perfil de tensión del circuito 79 501	102
Ilustración 10. Perfil de tensión del circuito 79 502	102
Ilustración 11. Perfil de tensión del circuito 79 505	103
Ilustración 12. Perfil de tensión del circuito 79 506	103
Ilustración 13. Perfil de tensión del circuito 79 504	105
Ilustración 14. Perfil de tensión del circuito 79 507	106
Ilustración 15. Perfil de tensión del circuito 79 508	107
Ilustración 16. Tramos 406655 y 406653 del circuito 79 502.....	108

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Resultados de la proyección del tipo de usuario Residencial A.	38
Gráfica 2. Resultados de la proyección del tipo de usuario Residencial B.	39
Gráfica 3. Resultados de la proyección del tipo de usuario Comercial.	40
Gráfica 4. Resultados de la proyección del tipo de usuario Industrial.	41

LISTA DE ANEXOS

(Ver carpeta de ANEXOS en el CD)

- ANEXO A. HISTÓRICO CLIENTES MUNICIPIO DE SAN GIL - ESSA
- ANEXO B. HERRAMIENTA HOLT WINTERS
- ANEXO C. CIRCUITOS SUBESTACIÓN SAN GIL - ESSA
- ANEXO D. HISTÓRICO CLIENTES POR CIRCUITO - ESSA
- ANEXO E. DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES Año 3
- ANEXO F. PROYECTOS PUNTUALES SAN GIL
- ANEXO G. POTENCIAL DE VIVIENDAS SUELO URBANO SAN GIL
- ANEXO H. PREDIOS DE EXPANSION URBANA SAN GIL
- ANEXO I. DISTRIBUCION DE CLIENTES Año 5
- ANEXO J. DISTRIBUCION DE CLIENTES Año 10
- ANEXO K. PROYECCION DE DEMANDA SOL SAN GIL 2017 - 2026
- ANEXO L. Curvas de demanda ESSA
- ANEXO M. DATOS 15 FEBRERO SAN GIL - TELEMEDIDA
- ANEXO N. DB_SDL_13_02_2017-San Gil(I) final.pfd

RESUMEN

TITULO: PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA DE POTENCIA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL DEL MUNICIPIO DE SAN GIL EN UN HORIZONTE DE PLANEACION DE DIEZ AÑOS.¹

AUTORES: lina Yulieth bautista chinchilla ²

PALABRAS CLAVE: Proyección Espacial de la Demanda (PED), Resolución 025 de 1995 de la CREG, Resolución 097 de 1995 de la CREG, Crecimiento poblacional, Cargabilidad, Regulación de tensión y Plan de Obras.

DESCRIPCION:

El proceso de planificación de la infraestructura de transmisión y distribución de energía eléctrica, considera principalmente el crecimiento de la demanda de potencia actual a través de un horizonte de planeación. El uso de metodologías de proyección de demanda en el grupo EPM, incluye el análisis de los clientes teniendo en cuenta sus preferencias de asentamiento de acuerdo al tipo de usuario al que pertenecen y al modelo de poblamiento del territorio. Por esta razón, la metodología Proyección Espacial de la Demanda (PED) es empleada para planificar los Sistemas de Distribución local (SDL) de la ESSA, ya que consiste en la estimación y distribución geográfica de la demanda de potencia con base en datos históricos del número de clientes, clasificados según el tipo de usuarios. En este proyecto, la metodología es aplicada al SDL del municipio de San Gil, ubicado en el departamento de Santander, Colombia.

Luego de obtenida la proyección de demanda, se lleva a cabo la simulación de los resultados en el software DigSILENT, de con el fin de elaborar el plan de obras recomendadas para prever los requerimiento del sistema durante el horizonte de planeación, estimado en diez años (2017- 2026). Los criterios de evaluación de los circuitos ante la proyección de demanda para los perfiles de tensión, son los contemplados por la resolución 025 de 1995 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Por otro lado, la evaluación en términos de cargabilidad se realiza con base en criterio de planeación del Operador de Red. Finalmente, para la estimación del costo de inversión del plan de obras, se emplea la metodología de unidades constructivas contempladas por la resolución CREG 097 de 1995.

¹ Trabajo de Grado

² Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Dr. OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA. Codirector: Dr. GUILLERMO ANDRÉS BELTRÁN MANTILLA.

ABSTRACT

TITLE: SPATIAL PROJECTION OF ELECTRICAL POWER DEMAND OF THE LOCAL DISTRIBUTION SYSTEM IN THE SAN GIL MUNICIPALITY IN A PLANNING HORIZON OF TEN YEARS.³

AUTHOR: LINA YULIETH BAUTISTA CHINCHILLA ⁴

KEY WORDS: Spatial Projection Demand (PED), Resolution 025 of 1995 of CREG, Resolution 097 of 1995 of CREG, Population Growth, Loadability, Voltage Regulation and Construction Plan.

DESCRIPTION:

The process of planning the transmission and distribution infrastructure of electricity, mainly considers the growth of the current power demand through a planning horizon. The use of demand forecasting methodologies in the EPM group includes the analysis of the clients taking into account their preferences of settlement according to the type of user to which they belong and the model of settlement of the territory. For this reason, the Spatial Demand Projection (PED) methodology is used to plan ESSA's Local Distribution Systems (SDL), since it consists of the estimation and geographical distribution of power demand based on historical data of the number of customers, classified according to the type of users. In this project, the methodology is applied to the SDL of the municipality of San Gil, located in the department of Santander, Colombia.

After obtaining the demand forecast, the simulation of the results in the DigSILENT software is carried out, in order to elaborate the plan of recommended works to anticipate the system requirements during the planning horizon, estimated in ten years (2017-2026). The criteria for the evaluation of the circuits before the projection of demand for the voltage profiles are those contemplated by Resolution 025 of 1995 of the Commission of Regulation of Energy and Gas (CREG). On the other hand, the evaluation in terms of loadability is done based on the Network Operator's planning criteria. Finally, for the estimation of the investment cost of the works plan, the methodology of construction units contemplated by resolution CREG 097 Of 1995.

³ Work degree

⁴ Industrial University of Santander. Faculty of Mechanical Physics. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Dr. OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA. Codirector: Dr. GUILLERMO ANDRÉS BELTRÁN MANTILLA.

INTRODUCCIÓN

El proceso de planificación de la infraestructura eléctrica está directamente relacionado con la estimación del crecimiento de la demanda de potencia. Sin embargo, son amplias las opciones para llevar a cabo la proyección de demanda de energía eléctrica y los criterios de desarrollo de las técnicas resultan efectivos para algunos casos, mientras para otros no. Por lo tanto, cada operador de red selecciona la técnica más adecuada considerando sus propias condiciones. Con el fin de realizar la planificación del Sistema de Distribución Local del municipio de San Gil, se realiza el pronóstico del crecimiento de los usuarios, mediante la metodología Proyección Espacial de la Demanda o PED. Una vez se obtiene la proyección de la demanda, es posible prever, mediante estudios de flujo de cargas, las problemáticas que puede presentar el sistema durante el horizonte de planeación.

DECLARACIÓN DEL PROBLEMA

La metodología PED consiste en un método híbrido que combina varias técnicas para la estimación de la demanda de energía eléctrica. Principalmente, plantea un método basado en el estudio por microáreas, definidas por los diferentes circuitos de la Subestación Eléctrica (S/E). En una primera etapa, se realiza la proyección con base en el histórico de usuarios facturados durante los últimos cinco años por medio de la técnica de suavizamiento exponencial para series de tiempo, denominada Holt-Winters. En una segunda etapa, se considera el uso del territorio relacionando la oferta y demanda por medio de instrumentos de planeación del municipio. Por último, se estima la demanda eléctrica, convirtiendo el número de usuarios proyectados por circuito, en potencia eléctrica con base en el histórico del consumo de los usuarios registrados en la serie de tiempo. La proyección adecuada de la demanda de energía eléctrica permite al Operador de Red llevar a cabo el proceso de planificación de la infraestructura, de tal manera que es posible

identificar situaciones de sobrecarga y regulación de tensión no deseada en el sistema. De esta forma, se minimiza el riesgo de incurrir en la desatención de los clientes futuros, en la medida que se ejecute el plan de obras recomendadas.

El presente trabajo desarrolla la proyección de demanda de energía eléctrica en el SDL del área urbana del municipio de San Gil, estableciendo subáreas o microáreas dentro de la zona de análisis. El histórico de los clientes facturados en los últimos años se tendrá en cuenta para la determinación de la preferencia de asentamiento de los usuarios, la cual permitirá la distribución geográfica del pronóstico global de los mismos. La distribución depende del histórico de clientes facturados, la asignación de los usos del suelo y la tendencia de construcciones nuevas en la zona de estudio. Por lo tanto, la mayor parte del problema se presenta en la obtención de fuentes de información veraz para el estudio. Sin embargo, como referencia principal para el planteamiento de la presente propuesta, se toma el estudio realizado en el área de influencia de un SDL perteneciente a la ESSA, empresa en la que tendrá lugar el desarrollo de la práctica empresarial, por lo que se facilita la gestión de la obtención de los datos necesarios para el procedimiento de la proyección y distribución geográfica de la demanda.

La metodología planteada en el servicio de consultoría, será la aplicada al SDL del municipio de San Gil. Por lo tanto, la documentación disponible por parte del E.T. Planificación y Gestión, servirá de guía para el desarrollo de la práctica empresarial. El horizonte de planeación en este caso será de máximo 10 años, teniendo en cuenta la reducción del área de estudio en comparación al área metropolitana de Bucaramanga. El resultado final del presente trabajo de grado, es el plan de obras recomendadas para el SDL del municipio de San Gil, con el cronograma de la puesta en funcionamiento de las obras y el costo de las inversiones con base en unidades constructivas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar el estudio de la Proyección Espacial de la Demanda (PED) de energía eléctrica para el Sistema de Distribución Local (SDL) del municipio de San Gil en el horizonte de planeación de diez años.

Objetivos Específicos

- Recopilar la información necesaria para la aplicación de la metodología PED, contemplada en el histórico de clientes facturados en los últimos 5 años, Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), Planes Parciales, estudios urbanísticos, base de datos de licencia de construcciones nuevas, planos cartográficos de los circuitos de la subestación eléctrica San Gil, entre otros.

- Realizar la proyección global de clientes, con base en la herramienta estadística Holt-Winters, tomando como base el histórico de clientes facturados. Cuantificar el potencial de viviendas y áreas construibles del sector comercial e industrial para el horizonte de planificación tomando como base los planes de ordenamiento territorial, planes parciales, proyectos puntuales, estudios urbanísticos e información de entidades del sector.

- Cuantificar el potencial del territorio en el corto, mediano y largo plazo, establecidos dentro del horizonte de planeación de diez años, con base en la información urbanística recopilada en el primer objetivo.

- Realizar la distribución geográfica de los clientes del territorio por circuito y a la asignación de los correspondientes potenciales de demanda eléctrica acorde con la metodología de la PED.

- Establecer el estado actual de los activos del SDL frente a la demanda proyectada, desde el punto de vista de capacidad instalada y límites de regulación de tensión.
- Elaborar del plan de obras de expansión y repotenciación del SDL que atiende el municipio de San Gil en los niveles de tensión II y III, ordenadas cronológicamente en el horizonte de planeación y definido con estimación de inversión en precios constantes, con base en la metodología de Unidades Constructivas de la resolución CREG 097 de 2008.

1. METODOLOGIA PARA LA PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA (PED)

En el presente capítulo se describen los estudios anteriormente realizados bajo la metodología PED, los cuales se emplean como marco de referencia para el desarrollo del presente trabajo. Además, se exponen las técnicas empleadas en las diferentes etapas de la metodología.

1.1 ANTECEDENTES

La Proyección Espacial de la Demanda (PED) es una metodología ampliamente utilizada por el grupo empresarial Empresas Públicas de Medellín (EPM), con el fin de elaborar el estudio de planeamiento de sus Sistemas de Distribución Local (SDL). Su aplicación inicia con el establecimiento de la base metodológica para los municipios del valle de Aburrá. En este caso, cuenta con información detallada de cada instalación, tanto del tipo de cliente que atiende, consumo de energía mensual y ubicación geográfica de cada circuito por medio de un Sistema de Información Geográfico (GIS). [4]

Luego, en el año 2011, se inicia el proceso de prestación de servicio de consultoría, por parte de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) - sede Medellín, con el fin de definir y aplicar la metodología para el SDL del área metropolitana de Manizales, atendida por la Central hidroeléctrica de Caldas (CHEC) S.A. E.S.P, filial de EPM. Como resultado se obtiene el documento “Proyección espacial de la demanda de potencia del SDL de CHEC 2012-2026”. En este caso, teniendo en cuenta que la CHEC no dispone de un aplicativo GIS, las proyecciones de demanda de potencia se realizan a nivel de circuito de distribución. [6]

Posteriormente, en el año 2012, la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. solicita el mismo servicio de consultoría por parte de la UNAL. En este caso, se aplica la

metodología para el área metropolitana de Bucaramanga. El documento que recopila los resultados del estudio se titula “Documento general: proyección espacial de la demanda de potencia del área metropolitana de Bucaramanga – SDL de ESSA 2013 – 2028”. En el caso de la ESSA, además de no contar con un aplicativo GIS, se tienen restricciones en el acceso a la información histórica por tipo de clientes en cada circuito de distribución. Sin embargo, se desarrolla la metodología adecuando las etapas a la información disponible por parte de la ESSA. [4]

1.2 TECNICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PED

1.2.1 La técnica de regresión lineal. También llamada recta de tendencia lineal, Es una herramienta estadística que permite relacionar los datos de una serie de tiempo, una serie de tiempo es una secuencia de datos que se mide en intervalos de tiempos iguales, la fundamentación matemática se obtuvo del libro de Anderson, Sweeney & Williams, 2011, Estadística para negocios y economía. [1]

$$T_t = b_o + b_1 t \text{ Ecuación 1}$$

Donde:

T_t : Pronóstico de tendencia lineal en el periodo t

b_o : Intersección de la recta

b_1 : Pendiente de la recta

t : Periodo

En las siguientes dos ecuaciones se plantea el procedimiento para obtener las constantes del pronóstico con tendencia lineal.

$$b_1 = \frac{\sum_a^b t Y_t - \frac{(\sum_a^b t * \sum_a^b Y_t)}{n}}{\sum_a^b t^2 - \frac{(\sum_a^b t)^2}{n}} \text{ Ecuación 2}$$

$$b_o = \bar{Y} - b_1 \bar{t} \text{ Ecuación 3}$$

Donde:

Y_t : Valor de la serie de tiempo para el periodo t.

n : Numero de periodos.

\bar{Y} : Valor promedio de la serie de tiempo.

\bar{t} : Valor promedio de t.

b : Último periodo de la serie de tiempo.

a : Primer periodo de la serie de tiempo.

1.2.2 La técnica de Suavizamiento Simple (Exponencial). El suavizamiento exponencial simple utiliza un promedio ponderado de los valores de la serie de tiempo como pronóstico, la fundamentación matemática se obtuvo del libro de Anderson, Sweeney & Williams, 2011, Estadística para negocios y economía [7]. El suavizamiento exponencial simple corresponde a la siguiente ecuación:

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

F_{t+1} : Pronóstico para el periodo t + 1 de la serie de tiempo.

Y_t : Valor real de la serie de tiempo en el periodo t.

α : Constante de suavizamiento exponencial ($0 \leq \alpha \leq 1$).

F_t : Pronóstico para el periodo t de la serie de tiempo.

1.2.3 La técnica de Suavizamiento Doble. Este método, también denominado el método Holt-Winters, es una de las maneras más utilizadas para pronosticar la demanda de un producto o servicio en un periodo determinado. El suavizado exponencial doble, es una técnica de alisado de series de tiempo que analiza sus dos componentes principales: la media y la tendencia. Para lo cual, la metodología establece las ecuaciones 5 y 6, respectivamente.

$$x_{s(t)} = \alpha * x_{real(t)} + (1 - \alpha) * (x_{s(t-1)} + T_{(t-1)}) \quad \text{Ecuación 5}$$

$$T_{(t)} = (1 - \beta) * T_{(t-1)} + \beta * (x_{s(t)} - x_{s(t-1)}) \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde,

x_s : Valor suavizado de la serie de tiempo.

$x_{real(t)}$: Valor real de la serie de tiempo.

$T_{(t)}$: Tendencia.

α : Coeficiente de suavizado para actualizar la media, $0 < \alpha < 1$

β : Coeficiente de suavizado para actualizar la tendencia, $0 < \beta < 1$

La media y la tendencia se inicializan utilizando los datos de la serie de tiempo de los dos primeros años, de acuerdo a las ecuaciones 7, 8 y 9.

$$x_{s(0)} = x_{real(0)} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$x_{s(1)} = x_{real(1)} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$T_{(1)} = x_{real(1)} - x_{real(0)} \quad \text{Ecuación 9}$$

En cuanto a los valores de los parámetros de suavizamiento, se determinan de tal manera que se minimice el error cuadrático medio entre el pronóstico de la serie de tiempo y su valor real. La ecuación 10 determina la manera de estimar el pronóstico.

$$P_{(t+m)} = (x_{(t)} + m * T_{(t)}) \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde,

m : Número de periodos a pronosticar.

$P_{(t+m)}$: Pronóstico.

La fundamentación matemática se obtuvo del libro de Anderson, Sweeney & Williams, 2011, Estadística para negocios y economía. [7]

Finalmente, estas ecuaciones y criterios planteados por la metodología, se programan en una macro de Microsoft Excel, la cual es la herramienta estadística que permite llevar a cabo la proyección global de los clientes. Los datos que alimentan la macro, corresponden a la serie de tiempo, la cual está representada en el histórico de clientes facturados por la ESSA en el municipio de San Gil.

1.2.4 El criterio del Error Medio Cuadrático (EMC). El criterio del Error Medio Cuadrático se tomó del libro de Anderson, Sweeney & Williams (2011). [7], el CME se calcula de la siguiente manera.

$$CME = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}{n}$$

Donde:

Y_t : Valor de la serie de tiempo en el periodo t.

F_t : Pronóstico para el periodo t de la serie de tiempo.

n : Número de periodos de la serie de tiempo.

1.3 CRITERIOS DE PREFERENCIA DE ASENTAMIENTO

Se definen como criterios de preferencia de asentamiento de un área básica de carga o BLA (por sus siglas en inglés: Basic Load Area), a aquellos datos numéricos que representan las condiciones de ubicación de nuevos clientes dentro de cierta zona. Se calculan con base en el asentamiento de usuarios nuevos en los últimos años, es decir, teniendo en cuenta el histórico de clientes facturados por BLA. [4]

Además del historial de asentamiento de nuevos clientes en cada BLA, se tiene en cuenta el comportamiento de los BLA vecinos, ya que se considera que los desarrollos urbanísticos de una zona pueden influenciar el asentamiento de zonas contiguas. Por lo tanto, para el análisis de los criterios de preferencia de asentamiento, los factores a tener en cuenta por los desarrolladores de proyectos urbanísticos son, entre otros, el potencial permitido por el Plan de Ordenamiento Territorial o POT, el precio de la tierra, los costos constructivos, el tamaño del lote, la infraestructura vial y de servicios públicos, la movilidad, la cercanía a polos de desarrollo, la valorización futura, las necesidades y capacidad de compra de los clientes y los incentivos gubernamentales.

Los principales criterios de asentamiento son la preferencia inicial de clientes y el factor de corrección de Gompertz de cada BLA.

1.3.1 Preferencia inicial de clientes. La preferencia inicial de clientes, es un valor representativo de la forma de ocupación del territorio a través de los años, como un efecto del poblamiento en cada BLA. Por lo tanto, su valor se calcula teniendo en cuenta el histórico de clientes facturados y corresponde al promedio aritmético anual del crecimiento de los usuarios por BLA. Se recomienda que el histórico contenga información hasta de los cinco últimos años, ya que tener en cuenta muchos más años atrás, no representa la preferencia inicial de los clientes y los datos pueden variar considerablemente. El valor resultante indica la cantidad de clientes anuales que se han venido asentando en el territorio con diferente nivel de preferencia por los urbanizadores, en función a las posibilidades de mercadeo de las viviendas, los costos de construcción, áreas construidas, equipamiento urbano, movilidad y capacidad de compra de los clientes, entre otros factores. [4]

1.3.2 Curva de Gompertz. La curva o función de Gompertz es un modelo matemático para series de tiempo que describe la progresión temporal de muchos procesos naturales y curvas de aprendizaje de sistemas complejos. Está caracterizada por un crecimiento bajo al inicio de la curva, hasta acercarse a un tope luego de cierto periodo de tiempo. Esta transición en la curva, se produce en una zona que describe una aceleración intermedia del crecimiento de la variable. La curva de Gompertz está representada por la ecuación (x) y presenta una típica forma de “S”, tal como se muestra en la ilustración 1. [4]

$$ae^{-be^{-ct}} \text{ Ecuación 11}$$

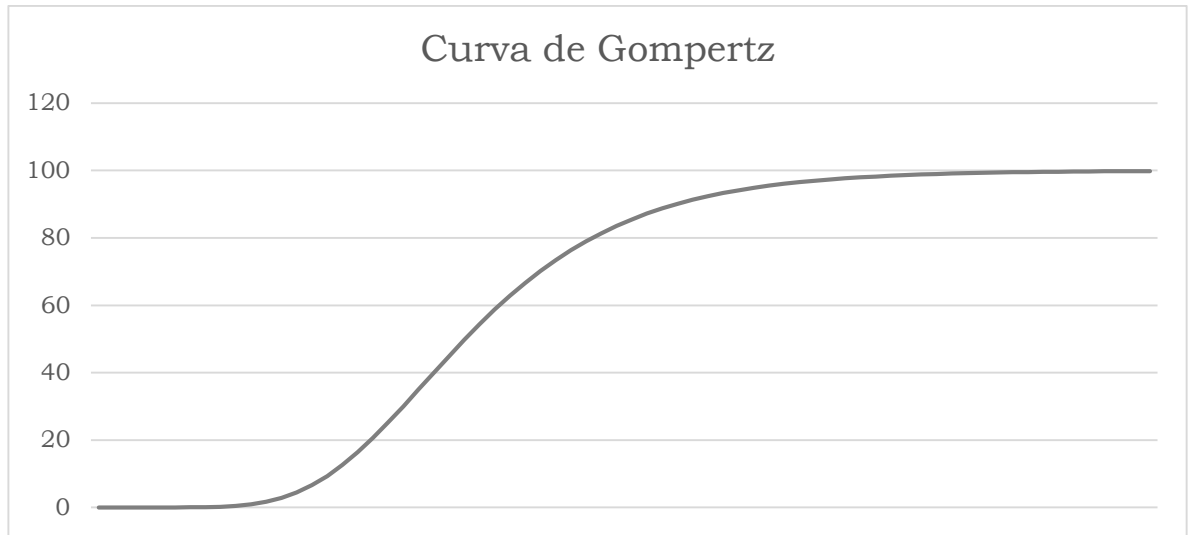
Donde,

a : Valor máximo de la variable.

b : Valor positivo que ajusta el desplazamiento a lo largo del eje x.

c : Valor positivo que establece la tasa de crecimiento en el eje y.

Ilustración 1. Modelo de la curva de Gompertz ⁵



Las aplicaciones del modelo de la curva de Gompertz son variadas, ya que puede describir la inclusión de un nuevo producto en el mercado, el crecimiento de una población de microorganismos o la evolución de algunos tumores o tipo de cáncer, entre otros. La curva de Gompertz es muy útil cuando la serie de tiempo presenta crecimiento limitado por cantidad de recursos o saturación del mercado.

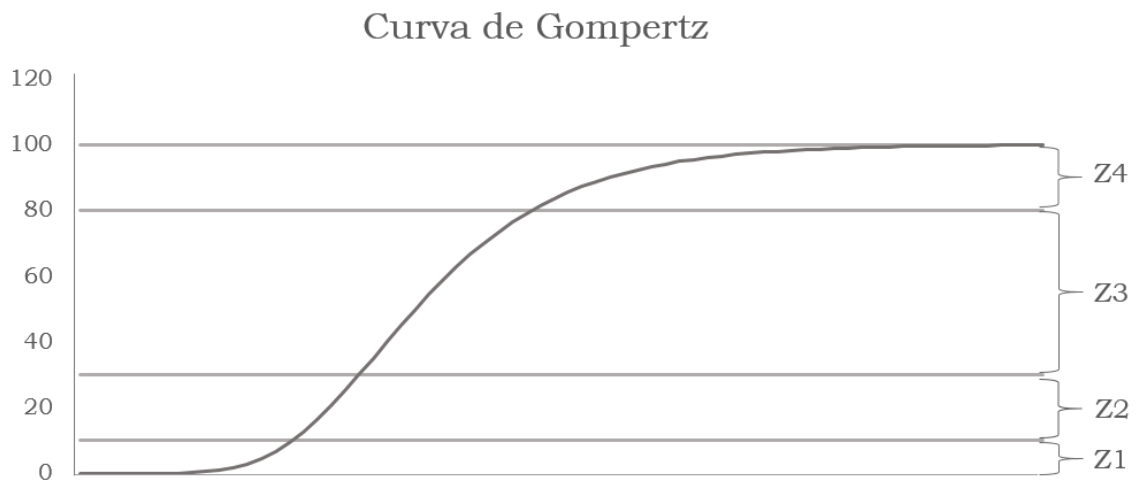
Para el caso de la aplicación de la metodología PED, la curva de Gompertz representa el modelo de poblamiento del territorio. De este modo, plasma el desarrollo de diferentes zonas que puedan presentarse dentro de las ciudades, ya que contienen áreas urbanizables que, con base en los factores de preferencia de los urbanizadores, se desarrollan primero unas que otras.

De esta manera, la curva de Gompertz describe cuatro zonas distintas de acuerdo al porcentaje de ocupación del territorio. Inicialmente el territorio se encuentra poco poblado y presenta un desarrollo muy lento en la zona 1 (Z1). Luego, en la zona 2 (Z2), el territorio empieza a ser atractivo para los urbanizadores y el asentamiento de la población se acelera para luego mantenerse constante en la zona 3 (Z3). Por último, en la zona 4 (Z4) se acerca a la cantidad máxima de población permitida en

⁵ Tomado de la referencia [4]. PED área metropolitana de Bucaramanga

el territorio y el crecimiento de la población desacelera hasta llegar a su valor tope. En la ilustración 2 se muestran estas zonas representadas dentro de la curva de Gompertz. [4]

Ilustración 2. Definición de las zonas en la curva de Gompertz de acuerdo al nivel de poblamiento ⁶



El primer criterio de preferencia describe la tendencia inicial de asentamiento, sin embargo, no se mantiene constante a través de los años dentro de un horizonte de planeación, ya que varía en función del porcentaje de ocupación de cada BLA. Por lo tanto, se establecen factores de corrección para la preferencia inicial de clientes con base en la ubicación de cada BLA dentro de la curva de Gompertz. Las fórmulas para determinar el factor de corrección de Gompertz se muestra en la tabla 1.

⁶ Tomado de la referencia [4]. PED área metropolitana de Bucaramanga

Tabla 1. Factores de corrección de Gompertz⁷

Factor de corrección de Gompertz			
Zona curva de Gompertz	Nivel de poblamiento N_p	Asentamiento	Fórmula
Z1	$N_p \leq 10\%$	Constante	1
Z2	$10\% < N_p \leq 30\%$	Se acelera	$0,85 + (1,5 * N_p)$
Z3	$30\% < N_p \leq 80\%$	Constante	1
Z4	$N_p \geq 80\%$	Se desacelera	$5 - (5 * N_p)$

De esta forma, para la aplicación del segundo criterio de preferencia de asentamiento, es necesario establecer el potencial urbanístico de cada BLA, con el fin de determinar el porcentaje de ocupación del territorio en la actualidad.

1.4 DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DEL TERRITORIO

La principal fuente de información, con el fin de determinar el potencial de nuevos clientes en el territorio, es el acuerdo, los documentos y cartografías que forman parte integral del Plan Básico de Ordenamiento Territorial o PBOT del municipio. Cada municipio en aplicación de Ley 388 de 1997 deberá adoptar planes de ordenamiento territorial [7], a los cuales se refiere el artículo 41 de la Ley 152 de 1994, como instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal.

El análisis del ordenamiento territorial permite identificar el modelo de ocupación del territorio del municipio, por lo tanto, el POT se usa como fuente para determinar la capacidad de ocupación del territorio o potencial del mismo. Además, se tienen en cuenta los proyectos planteados para la generación de suelo urbano y desarrollos urbanísticos posteriores a la adopción del Plan de Ordenamiento Territorial y las Piezas Intermedias de Planificación.

⁷ Tomado de la referencia [4]. PED área metropolitana de Bucaramanga

Los objetivos principales del POT en determinar el modelo de crecimiento urbanístico son identificar la incidencia en la movilidad del municipio, los componentes de planificación y normativo y las zonas sin urbanizar, no urbanizables y re-urbanizables.

1.5 METODOLOGÍA

En el presente capítulo, se describen las etapas generales de la metodología Proyección Espacial de la Demanda (PED), las cuales pueden ser ajustadas de acuerdo a las restricciones en el acceso de la información. De manera general, la metodología establece un área de estudio y la divide en zonas de análisis, que a su vez subdivide en microáreas con patrones de crecimiento urbanístico similares. [4]

1.5.1 El Cuanto. El propósito de la primera etapa, denominada “EL CUANTO”, es determinar la magnitud del crecimiento del sistema por medio de la cuantificación del ingreso anual de nuevos clientes en el territorio. En esta etapa inicial, de acuerdo a la metodología PED, es necesario obtener las proyecciones de clientes a nivel de zona de análisis dentro del área de estudio. Estas zonas deben ser de gran tamaño y tener características propias de tipo y desarrollo de clientes.

La principal ventaja de dividir el área de estudio en grandes zonas es que se dispone de un mayor volumen de información, lo cual permite evidenciar una tendencia uniforme en los resultados de las proyecciones. Por lo tanto, no se recomienda realizar proyecciones con magnitudes reducidas de datos, como por ejemplo a nivel de BLA. Este tipo de análisis de los clientes por grandes zonas se denomina: proyección global de clientes. Luego de definir las zonas de análisis, se emplean técnicas de análisis de series de tiempo, las cuales se utilizan para realizar proyecciones de todo tipo de variables. De esta manera, las proyecciones globales pronostican el crecimiento de una zona de análisis con base en la serie de tiempo de los clientes. Las proyecciones globales se realizan teniendo en cuenta los diferentes tipos de usuarios, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Residencial A (RESA): Reúne los clientes residenciales estrato 4, 5 y 6.
- Residencial B (RESB): Reúne lo los clientes residenciales estrato 1, 2 y 3.
- Comercial (COM): Clientes comerciales.
- Industrial (IND): Clientes con carga industrial.

Con el fin de realizar las proyecciones globales, se hace uso de una herramienta estadística que permita pronosticar la cantidad de clientes dentro del horizonte de planeación año a año. Esta herramienta es implementada teniendo en cuenta la técnica de suavizamiento exponencial doble, la cual es ampliamente utilizada para analizar y pronosticar series de tiempo. Por lo tanto, la información base para realizar la proyección de clientes es el histórico de asentamiento de los usuarios del servicio de energía en cada zona de análisis.

1.5.2 El Dónde. El propósito de la segunda etapa, denominada “EL DÓNDE”, es distribuir geográficamente los usuarios cuantificados en la proyección global de clientes. Esta distribución espacial se realiza mediante criterios de preferencia asignados a cada circuito.

Para determinar la calificación de preferencia por circuito, se debe calcula en primer lugar, la preferencia inicial de clientes, la cual describe históricamente el asentamiento de los usuarios de acuerdo a los intereses de los urbanizadores en los últimos años. Esta preferencia inicial corresponde al promedio anual del crecimiento de usuarios en cada circuito. En segundo lugar, se corrige la preferencia inicial de clientes de acuerdo al porcentaje de ocupación del territorio que atiende cada circuito. Para la determinación del porcentaje de ocupación, es necesario cuantificar el potencial de clientes para cada periodo de análisis, es decir, para el corto, mediano y largo plazo. El potencial de clientes en un municipio se puede dar de tres maneras: por efectos de redensificación del territorio, por lotes urbanizados sin construir y por zonas de expansión urbana. Por lo tanto, la principal fuente de información en este caso es el Plan de Ordenamiento Territorial vigente, los planes parciales, la base de datos de CAMACOL e información suministrada por los

principales urbanizadores del municipio. De esta manera, el potencial total de viviendas corresponde a la suma del potencial de clientes por efectos de redensificación, más el potencial calculado por medio del POT y planes parciales y el número de viviendas de proyectos en la base datos de CAMACOL, para el periodo de análisis.

Una vez obtenido el potencial del territorio se modela el poblamiento del municipio por medio de una curva en forma de S o curva de Gompertz, que es una función matemática empleada en diversos modelos de crecimiento de poblacional. El porcentaje de ocupación del territorio es la relación de los clientes al inicio del periodo de análisis respecto a los clientes totales al final del mismo periodo.

Finalmente, la cuantificación de los nuevos clientes del municipio se distribuye teniendo en cuenta el modelo obtenido del crecimiento del municipio y el porcentaje de ocupación de cada BLA en el periodo de análisis.

1.5.3 El Cuándo. En esta tercera etapa, denominada “EL CUANDO”, se realizan iteraciones de la distribución de clientes, de tal manera que se actualiza el potencial del territorio, idealmente en periodos de un año. Sin embargo, los antecedentes de la metodología aplicada en casos del grupo EPM, establecen que la distribución de clientes se realiza en tres periodos puntuales dentro del horizonte de planeación, definidos bajo criterios de cada Operador de Red.

Para considerar los años en que se realiza el proceso de distribución de los clientes y luego estimar la proyección de demanda, se tiene en cuenta las definiciones de corto, mediano y largo plazo, de acuerdo al estudio realizado en el SDL del el AMB atendida por la ESSA.

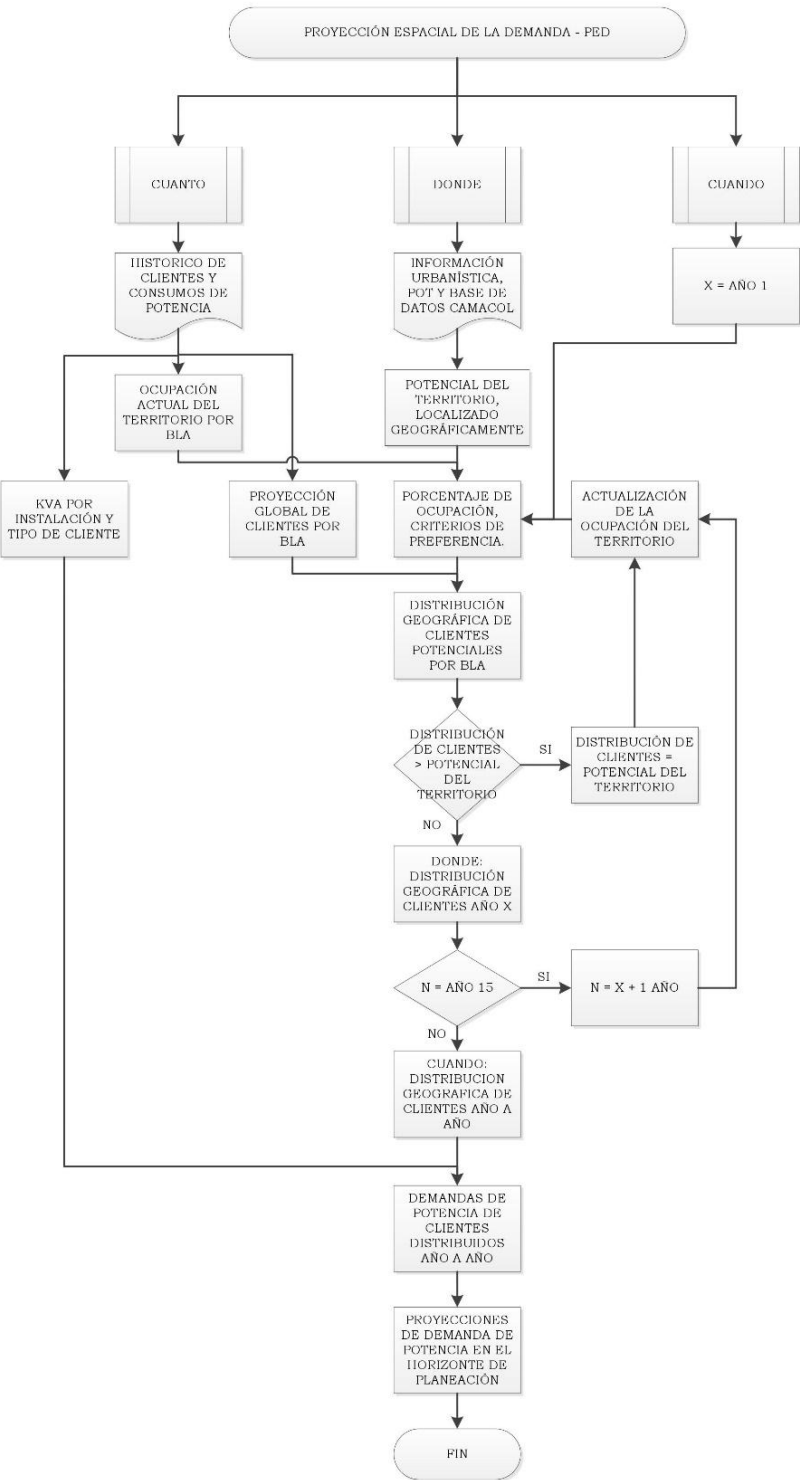
- **CORTO PLAZO:** Se determina para los primeros tres años dentro del horizonte de planeación 2017 – 2019.
- **MEDIANO PLAZO:** Para el mediano plazo se determina en los primeros cinco años del horizonte de planeación 2017 – 2021. Es decir, comienza a ser mediano

después de finalizado el corto plazo, desde 2020 hasta el año 2021, con una durabilidad de 2 años.

- LARGO PLAZO: Este periodo de planeación tiene una durabilidad de 5 años a partir del último año del mediano plazo, es decir desde el 2022 hasta el 2026.

A continuación, se presenta un esquema general que explica de manera gráfica el procedimiento para el desarrollo de la metodología PED.

Ilustración 3. Metodología PED



Tomado de la referencia [4]. PED área metropolitana de Bucaramanga

2. PROYECCIÓN GLOBAL DE CLIENTES

En este capítulo se describe el procedimiento para obtener los resultados de la proyección global de clientes urbanos del municipio de San Gil. Se realiza una proyección global para cada grupo de usuario, teniendo en cuenta la clasificación por tipo de cliente.

Es importante resaltar en esta etapa, que el insumo necesario para la realización de la proyección global es el histórico de clientes facturados por la ESSA en los últimos años. Adicionalmente, se desarrolla una herramienta estadística con base en las formulaciones de la metodología de suavizamiento exponencial doble, también denominada Holt-Winters.

2.1 HERRAMIENTA ESTADÍSTICA

Con el fin de llevar a cabo la proyección global de clientes, se implementa una herramienta estadística, en Microsoft Excel, con base en las formulaciones del método de suavizamiento exponencial doble. La herramienta, además de suavizar series de tiempo y calcular su pronóstico, permite el ajuste de los coeficientes de suavizado por medio del método de minimización del error medio cuadrático.

La optimización de la ecuación del Error Medio Cuadrático (CME) se realiza empleando el complemento “Solve” de la herramienta Microsoft Excel, mediante el cual se logra minimizar la CME como función objetivo.

Además, se toma en consideración el criterio empleado por la macro de Holt-Winters de la EPM para el ajuste de los coeficientes. El criterio establece que el ajuste de los coeficientes se realiza de tal manera que la curva de proyección de Holt-Winters se ubique en medio de la curva del pronóstico lineal y exponencial.

2.2 HISTÓRICO DE CLIENTES EN EL MUNICIPIO DE SAN GIL

El histórico de los usuarios del servicio de energía eléctrica en el municipio de San Gil, corresponde a los datos de entrada de la herramienta estadística que permite obtener la proyección global de clientes. La ESSA, por medio del aplicativo SAC (Sistema de Administración Comercial), dispone del registro histórico de los clientes facturados durante el mes de diciembre, desde el año 2010 al 2016. Este registro se lleva a cabo teniendo en cuenta el tipo de cliente y el municipio al que pertenecen los usuarios. En la tabla 2, se presenta la información suministrada por la ESSA, ajustada de acuerdo a la clasificación por tipo de cliente, considerada en el presente estudio.

Tabla 2. Histórico de clientes por tipo de usuario en el municipio de San Gil ⁸

MUNICIPIO DE SAN GIL													
Año	Total Clientes	Clientes Urbanos	Clientes Rurales	Clientes Urbanos					Clientes Rurales				
				RESA	RESB	COM	IND	EQU	RESA	RESB	COM	IND	EQU
2010	15.798	13.220	2.578	1.147	9.890	1.880	240	63	27	2.322	111	86	32
2011	16.667	14.010	2.657	1.299	10.411	1.984	251	65	27	2.393	112	93	32
2012	17.528	14.750	2.778	1.426	10.914	2.079	262	69	27	2.480	118	101	52
2013	18.596	15.717	2.879	1.520	11.530	2.321	269	77	26	2.564	125	111	53
2014	19.747	16.750	2.997	1.581	12.308	2.490	287	84	25	2.674	123	122	53
2015	20.555	17.521	3.034	1.662	12.912	2.557	303	87	26	2.693	135	127	53
2016	21.462	18.238	3.224	1.745	13.489	2613	301	90	29	2.857	143	134	61

Como se observa en la tabla anterior los clientes urbanos representan una mayor participación del total de clientes atendidos en el municipio de San Gil, por lo tanto, estos clientes son de mayor interés para la metodología PED.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de determinar el delta de crecimiento anual, lo que establece que la serie de tiempo no presenta valores atípicos y mantiene una tendencia creciente a través de los años, a excepción del

⁸ Información suministrada por la ESSA, se encuentra en el ANEXO A. "HISTÓRICO CLIENTES MUNICIPIO DE SAN GIL. Hoja: RESUMEN"

comportamiento de los clientes industriales en el año 2016, en el cual presenta un decrecimiento de dos clientes al final de este periodo anual. Por lo tanto, los datos del histórico de clientes no requieren ajuste para la aplicación de la metodología de Holt-Winters.

Tabla 3. Delta del histórico de clientes por tipo de usuario en el municipio de San Gil ⁹

MUNICIPIO DE SAN GIL													
Año	Total Clientes	Clientes Urbanos	Clientes Rurales	Clientes Urbanos					Clientes Rurales				
				RESA	RESB	COM	IND	EQU	RESA	RESB	COM	IND	EQU
2011	869	790	79	152	521	104	11	2	0	71	1	7	0
2012	861	740	121	127	503	95	11	4	0	87	6	8	20
2013	1.068	967	101	94	616	242	7	8	-1	84	7	10	1
2014	1.151	1.033	118	61	778	169	18	7	-1	110	-2	11	0
2015	808	771	37	81	604	67	16	3	1	19	12	5	0
2016	907	717	190	83	577	56	-2	3	3	164	8	7	8

De acuerdo a la tabla anterior el delta de crecimiento de los clientes urbanos presenta un mayor crecimiento en el año 2014, en comparación a los demás años del histórico, el cual establecen un crecimiento promedio de 797 clientes anuales.

2.3 RESULTADOS

Luego de ingresar los datos de la serie de tiempo en la herramienta implementada, el resultado es el total de clientes por tipo de usuario que se estima en el municipio, cada año, durante el horizonte de planeación. Únicamente se ingresa información de los clientes urbanos, ya que corresponden a los usuarios del área de estudio de la metodología PED. A continuación se presentan los resultados del pronóstico de los diferentes tipos de usuarios en la Tabla 4.

⁹ Información suministrada por la ESSA, se encuentra en el ANEXO A. "HISTÓRICO CLIENTES MUNICIPIO DE SAN GIL. Hoja: RESUMEN"

Tabla 4. Pronóstico de la serie de tiempo ¹⁰

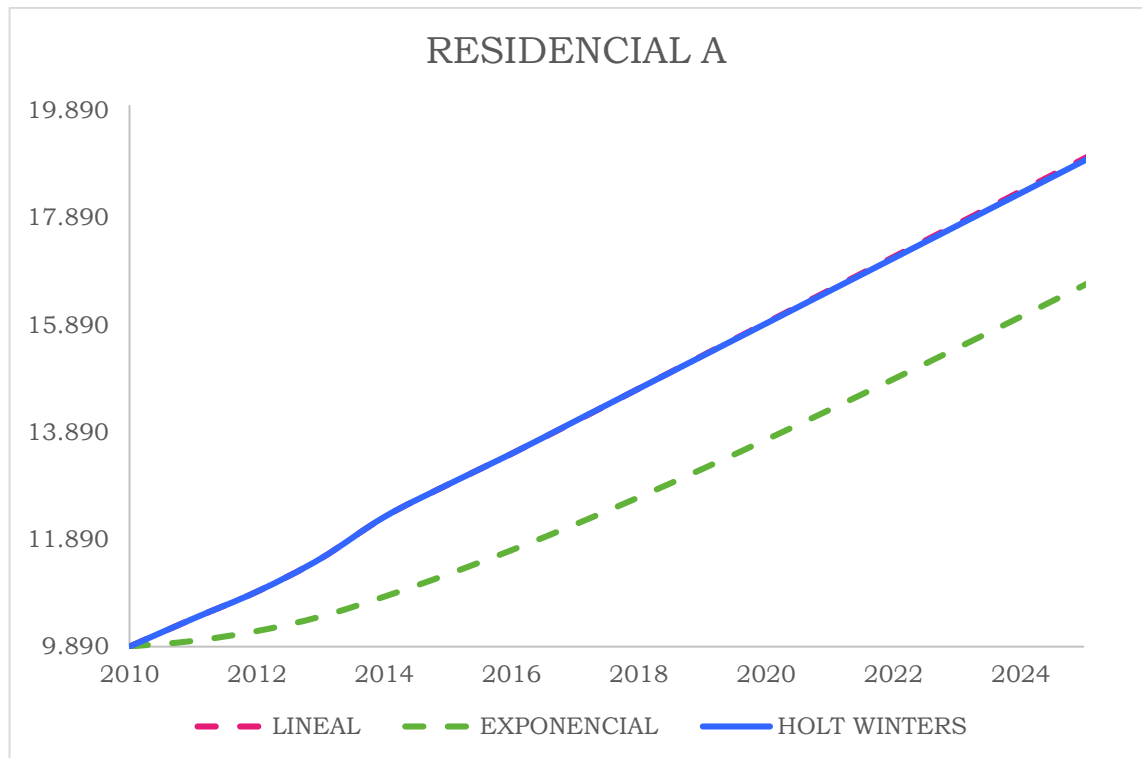
Clase	Pronóstico									
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
RESB	14.097	14.705	15.313	15.921	16.529	17.137	17.745	18.353	18.961	19.569
RESA	1.828	1.911	1.994	2.077	2.160	2.243	2.326	2.409	2.492	2.575
COM	2.807	2.913	3.019	3.125	3.232	3.338	3.444	3.550	3.656	3.762
IND	317	328	339	350	361	372	383	394	405	416

Los valores obtenidos del pronóstico para cada tipo de usuario presentan un comportamiento normal, es decir, la línea de tendencia Holt-Winters no sobresale del área dentro de las otras dos líneas de tendencia, regresión lineal y exponencial, respectivamente. Como lo plantea la metodología PED.

El comportamiento gráfico de la proyección de cada tipo usuario se muestra en las siguientes cuatro gráficas. En cada una de ellas se evidencia un comportamiento durante el horizonte de planeación para todos los tipos de usuarios.

¹⁰ Tomado del ANEXO B. "HERRAMIENTA HOLT WINTERS. Hoja: Holt Winters"

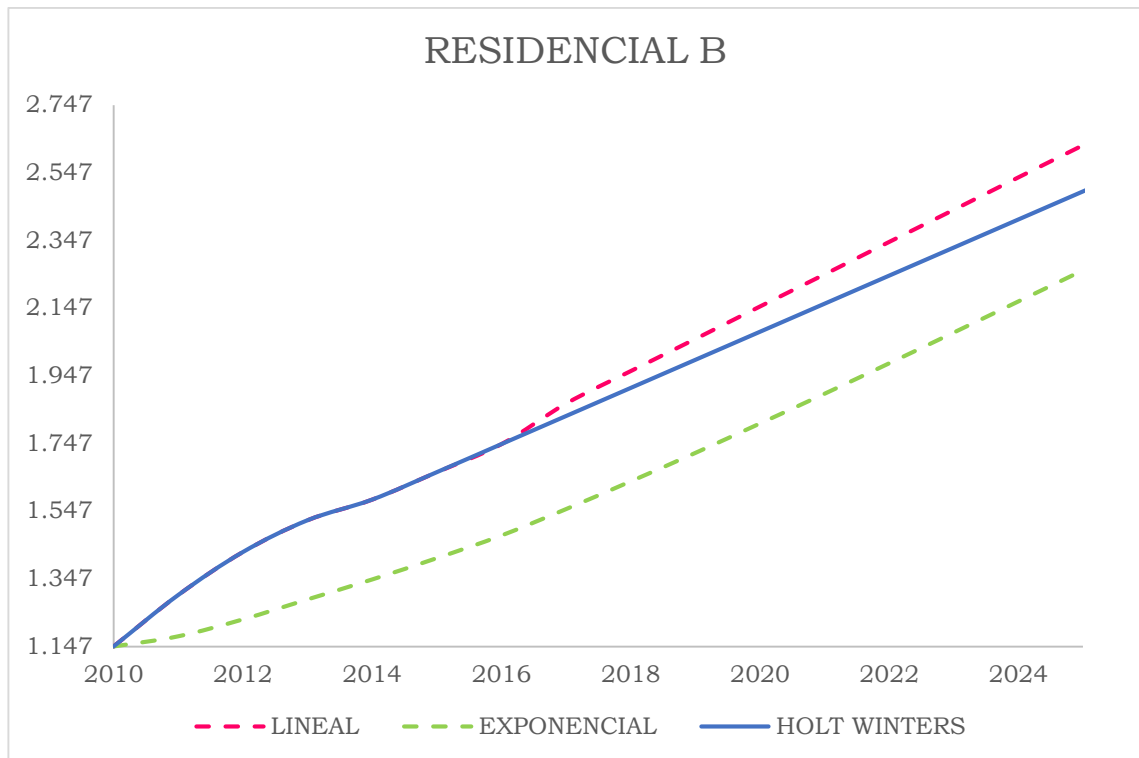
Gráfica 1. Resultados de la proyección del tipo de usuario Residencial A. ¹¹



Como se evidencia en la Gráfica 1, el comportamiento de la proyección HW es de tendencia lineal y se mantiene durante el periodo de planeación 2016 – 2026. Debido al comportamiento histórico de los datos la proyección tiende a ser lineal.

¹¹ Tomado del ANEXO B. "HERRAMIENTA HOLT WINTERS. Hoja: Grafico"

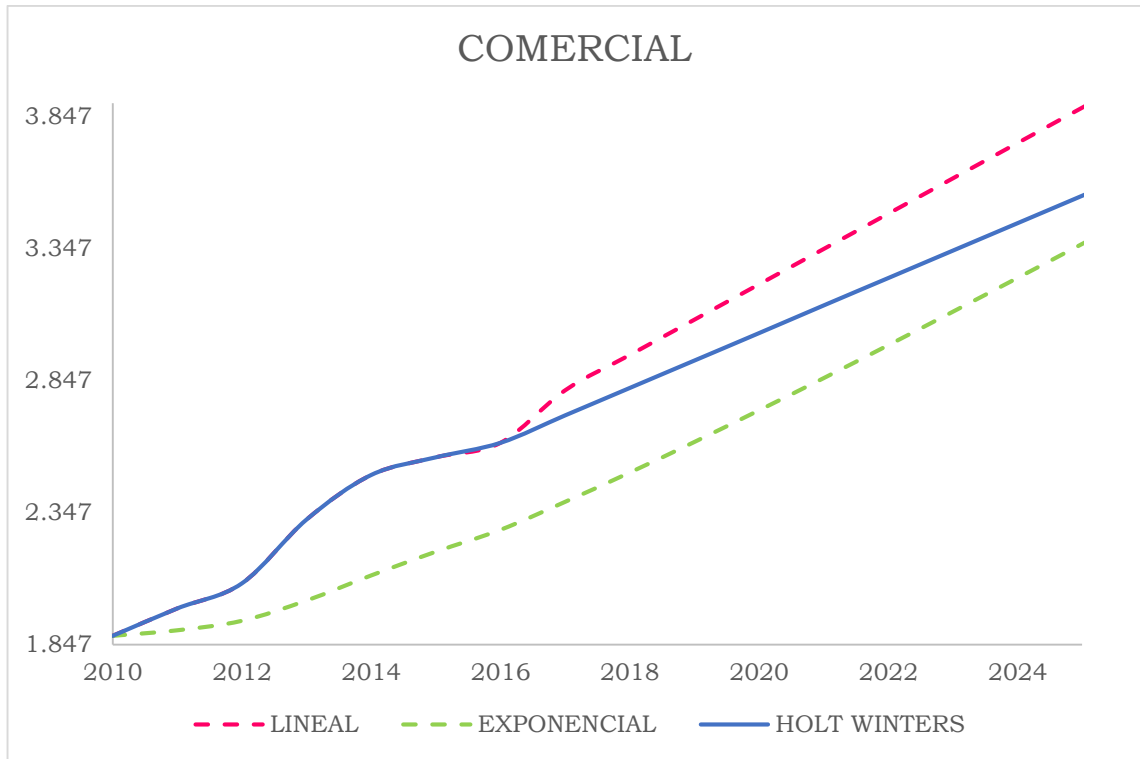
Gráfica 2. Resultados de la proyección del tipo de usuario Residencial B. ¹²



Como se observa en la Gráfica 2. El pronóstico Holt-Winters cumple el criterio de la metodología PED, ya que la línea de tendencia Holt-Winters se ubica en medio de las líneas de tendencia lineal y exponencial.

¹² Tomado del ANEXO B. "HERRAMIENTA HOLT WINTERS. Hoja: Grafico"

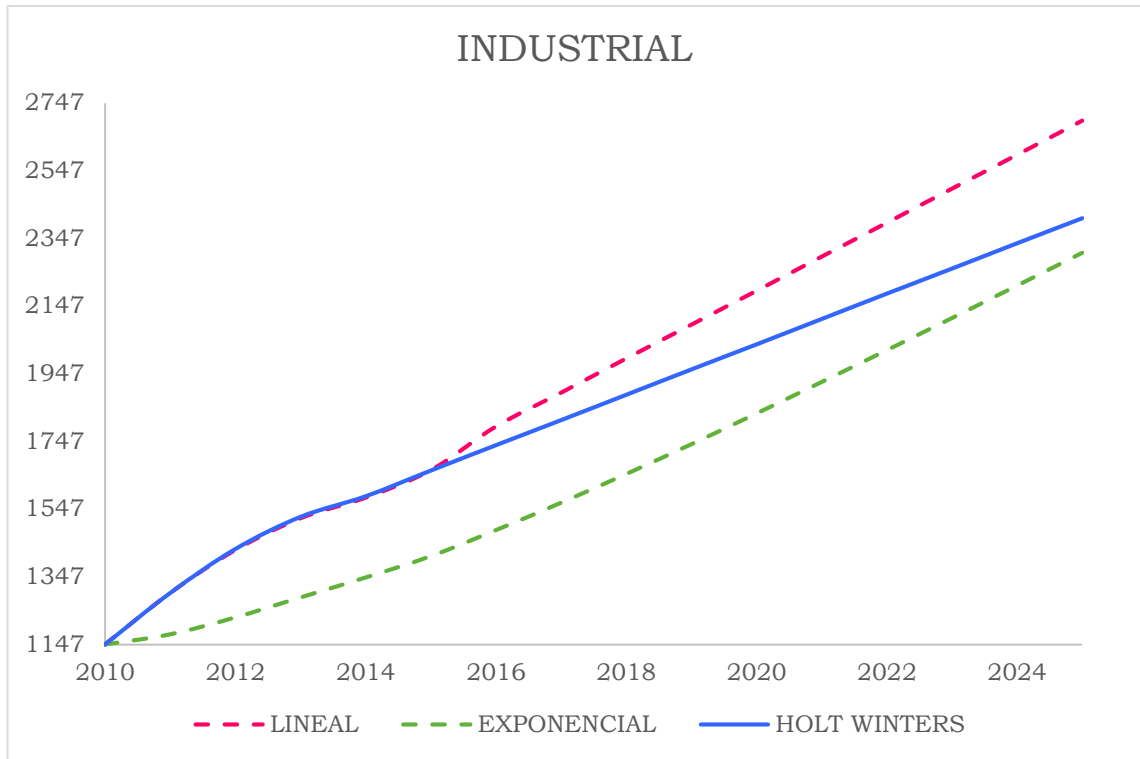
Gráfica 3. Resultados de la proyección del tipo de usuario Comercial. ¹³



Como se observa en la Gráfica 3. El pronóstico Holt-Winters marca su propia tendencia, de igual forma cumple con el criterio de la metodología PED.

¹³ Tomado del ANEXO B. "HERRAMIENTA HOLT WINTERS. Hoja: Grafico"

Gráfica 4. Resultados de la proyección del tipo de usuario Industrial. ¹⁴



Como se observa en la Gráfica 4, el pronóstico Holt-Winters para los clientes industriales presentan un descenso al final del periodo de planeación debido a que esta serie de tiempo presento un delta negativo, es decir hubo disminución de clientes de un año a otro.

¹⁴ Tomado del ANEXO B. "HERRAMIENTA HOLT WINTERS. Hoja: Grafico"

3. DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES

En este capítulo se muestra como se realiza la distribución geográfica de los clientes proyectados en el área de estudio. La distribución se realiza proporcional a los criterios de preferencia ajustados en los tres plazos dentro del horizonte de planeación.

3.1 DEFINICIÓN DE MICROÁREAS GEOGRÁFICAS

Con el fin de iniciar la distribución espacial de los clientes proyectados, se establecen los límites de las diferentes microáreas geográficas. En el presente trabajo, al igual que en los casos de estudio realizados por la ESSA y la CHEC, cada microárea agrupa las áreas de servicio por circuito a nivel de tensión II. De este modo, se definen 9 microáreas para el municipio de San Gil, correspondiente a los circuitos de la Subestación Eléctrica 79 San Gil. La información general de los circuitos se muestra en la Tabla 5. [6]

Tabla 5. Porcentajes por tipo de cliente que atiende cada circuito de la Subestación 79 San Gil ¹⁵

Datos de los Circuitos		Clase de servicio				
Circuito	Nombre del circuito	RESA	RESB	COM	IND	EQU
13.8 [kV]						
79 501	79 501 SAN GIL 1	15%	46%	35%	3%	1%
79 502	79 502 SAN GIL 2	9%	81%	7%	2%	1%
79 503	79 503 BARICHARA - VILLANUEVA	0%	91%	6%	2%	1%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	1%	91%	5%	2%	1%
79 505	79 505 REPETIDORA - CABRERA	0%	93%	2%	2%	3%

¹⁵ Información suministrada por la ESSA, se encuentra en detalle en el ANEXO C. "CIRCUITOS SUBESTACIÓN 79 SAN GIL. Hoja: CARACTERISTICAS"

Datos de los Circuitos		Clase de servicio				
Circuito	Nombre del circuito	RESA	RESB	COM	IND	EQU
13.8 [kV]						
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0%	85%	6%	7%	1%
79 507	79 507 MOGOTES	0%	94%	3%	2%	2%
79 508	79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	1%	89%	4%	5%	1%
79 511	79 511 SAN GIL 3	4%	86%	9%	2%	0%

De la tabla anterior se evidencia que la mayoría de clientes de San Gil pertenecen al tipo residencial B, con un porcentaje por encima del 80% para cada circuito, exceptuando el circuito 79 501.

3.2 PREFERENCIA INICIAL DE CLIENTES

De acuerdo a la metodología PED, la proyección global de clientes se distribuye proporcional a la preferencia inicial de clientes. Para determinar su valor por microárea, se dispone del histórico de asentamiento de los clientes en cada uno de los circuitos de la subestación, teniendo en cuenta el tipo de usuario. La información es suministrada por la ESSA y se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Histórico de clientes por circuito ¹⁶

Circuito	Tipo de cliente	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
79 501 SAN GIL 1	<i>RESIDENCIAL_A</i>	404	447	449	571	577	615	655
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	1393	1607	1603	1743	1853	1941	2008
	<i>COMERCIAL</i>	986	1169	1192	1506	1545	1553	1576
	<i>INDUSTRIAL</i>	84	102	99	126	125	126	128

¹⁶ Información suministrada por la ESSA, se encuentra en detalle en el ANEXO D. "HISTÓRIO DE CLIENTES POR CIRCUITO. Hoja: CLIENTES"

Circuito	Tipo de cliente	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
79 502 SAN GIL 2	<i>RESIDENCIAL_A</i>	629	723	758	793	823	824	831
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	4760	6185	6285	6538	6854	7109	7429
	<i>COMERCIAL</i>	563	770	817	607	658	689	708
	<i>INDUSTRIAL</i>	96	139	141	133	144	151	152
79 503 BARICHARA – VILLANUEVA	<i>RESIDENCIAL_A</i>	7	8	9	9	9	10	28
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	3548	4627	4833	5037	5331	5456	5736
	<i>COMERCIAL</i>	217	315	330	350	366	394	434
	<i>INDUSTRIAL</i>	45	70	85	93	98	100	108
79 504 ARATOCA - CURITI – CHIF	<i>RESIDENCIAL_A</i>	9	11	94	97	99	100	108
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	3069	3818	5223	5626	6057	6280	6973
	<i>COMERCIAL</i>	227	324	372	412	416	429	445
	<i>INDUSTRIAL</i>	59	83	116	127	150	153	159
79 505 REPETIDORA – CABRERA	<i>RESIDENCIAL_A</i>	2	2	2	2	2	2	2
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	1007	1200	1260	1309	1362	1374	1392
	<i>COMERCIAL</i>	48	56	58	56	60	60	69
	<i>INDUSTRIAL</i>	16	22	26	28	30	31	29
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	<i>RESIDENCIAL_A</i>	8	8	8	9	6	7	6
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	887	1082	1108	1282	1292	1370	1282
	<i>COMERCIAL</i>	73	98	100	173	251	275	117
	<i>INDUSTRIAL</i>	51	76	95	125	127	132	108
79 507 MOGOTES	<i>RESIDENCIAL_A</i>	20	20	19	19	22	22	18
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	5155	6427	6511	6637	7240	7179	7568
	<i>COMERCIAL</i>	262	330	332	348	351	355	363
	<i>INDUSTRIAL</i>	76	104	122	128	138	145	142
79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	<i>RESIDENCIAL_A</i>	34	39	38	37	36	36	36
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	2873	3435	3585	3649	3979	4085	4273
	<i>COMERCIAL</i>	166	205	220	236	248	250	273
	<i>INDUSTRIAL</i>	127	165	187	195	213	216	216
79 511 SAN GIL 3	<i>RESIDENCIAL_A</i>	53	138	143	95	125	151	174
	<i>RESIDENCIAL_B</i>	2411	3076	3320	3356	3592	3772	4106

Circuito	Tipo de cliente	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	<i>COMERCIAL</i>	137	215	246	210	222	238	420
	<i>INDUSTRIAL</i>	29	57	59	39	49	57	84

De la tabla anterior cabe resaltar que los circuitos pertenecientes al casco urbano de San Gil tuvieron un crecimiento más acelerado en comparación con los otros seis circuitos analizados. Sin embargo, para establecer la preferencia inicial de clientes, se debe tener en cuenta la naturaleza de los usuarios de acuerdo al municipio que pertenecen, ya que la preferencia inicial de asentamiento empleada para la distribución debe describir principalmente el comportamiento de los clientes de la zona de análisis.

Así pues, se realizan consultas por medio del aplicativo Energis, para obtener información sobre el estado actual del sistema eléctrico de la ESSA. La información, registrada en la tabla 7, indica que tres de los nueve circuitos de la subestación eléctrica 79, atiende el 85,57% de los usuarios del municipio de San Gil, de los cuales el 95,42% se asientan en el casco urbano.

Tabla 7. Clientes del municipio de San Gil atendidos por cada circuito¹⁷

Circuito	Municipio	Clientes	Clientes Urbanos	Clientes Rurales
79 501 SAN GIL 1	SAN GIL	4845	4809	36
79 502 SAN GIL 2	SAN GIL	10831	10335	496
79 503 BARICHARA - VILLANUEVA	SAN GIL	455	5	450
79 504 ARATOCA - CURITI - CHIFLAS	SAN GIL	1012	663	349
79 505 REPETIDORA - CABRERA	SAN GIL	390	0	390
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	SAN GIL	69	37	32
79 507 MOGOTES	SAN GIL	870	0	870
79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	SAN GIL	415	3	412
79 511 SAN GIL 3	SAN GIL	5030	4614	416

¹⁷ Información suministrada por la ESSA, se encuentra en detalle en el ANEXO D. "CLIENTES DEL MUNICIPIO DE SAN GIL ATENDIDOS POR CIRCUITO. Hoja: CLIENTES"

De la tabla anterior se presentan tres circuitos, denominados San Gil 1 (79 501), San Gil 2 (79 502) y San Gil 3 (79 511), atienden la demanda del 96,54% de los clientes urbanos. Mientras tanto, los circuitos Repetidora-Cabrera (79 505) y Mogotes (79 507) atienden las demandas de clientes asentados fuera del área de estudio. Además, estos dos últimos, no representan potencial de nuevos clientes dentro del casco urbano, ya que, en el primer caso, desde sus inicios se encuentra fuera del perímetro urbano y en el segundo caso, se emplean los mismos apoyos del circuito San Gil 1 mientras recorre territorio urbano, por lo que el potencial de nuevos usuarios será asumido por este último. Por otro lado, los circuitos Aratoca-Curití-Chiflas (79 504) y Pinchote-Ant Socorro (79 506), atienden el 3,42% de los clientes urbanos de San Gil. Además, representan un potencial importante de nuevos usuarios al estar ubicados en zonas de gran desarrollo urbanístico, de acuerdo al crecimiento del municipio en los últimos años.

Por último, los circuitos Barichara-Villanueva (79 503) y Valle San Jose Nuevo (79 508), atienden la demanda de 5 bodegas y 3 motobombas de agua dentro del perímetro urbano, respectivamente, lo cual representa el 0,2% de los clientes urbanos del municipio de San Gil.

Teniendo en cuenta la información anterior, para los circuitos que atienden mayormente clientes urbanos de San Gil, es decir, los circuitos San Gil 1, 2 y 3, se toma los datos del histórico por circuito para establecer la preferencia inicial de clientes. Sin embargo, para el caso de los circuitos que atienden parcialmente clientes urbanos, se procede a identificar estos usuarios en la actualidad y se analiza su registro en el SAC, con el fin de establecer su crecimiento anual desde el 2010. Finalmente, los circuitos que no atienden clientes urbanos de San Gil, no se tienen en cuenta para la distribución de clientes, así como tampoco se consideran los circuitos que tienen menos del 1% de clientes en el área de estudio. De este modo, se calcula la preferencia inicial de clientes en cada circuito teniendo en cuenta los tipos de usuarios residenciales. La información se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Preferencia inicial de viviendas ¹⁸

Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clientes RESA			Clientes RESB		
		dic- 2010	dic- 2016	Preferenci a inicial de Viviendas	dic- 2010	dic- 2016	Preferencia inicial de Viviendas
79 501	79 501 SAN GIL 1	404	655	42	1393	2008	103
79 502	79 502 SAN GIL 2	629	831	34	4760	7429	445
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	9	107	16	176	556	63
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0	0	0	6	49	7
79 511	79 511 SAN GIL 3	53	174	20	2411	4106	600

De la tabla anterior se observa que los clientes residenciales de tipo A, la preferencia inicial para el circuito 79 506 resulta ser cero. En los demás circuitos la preferencia inicial es un valor positivo, por lo que se presenta una tendencia de crecimiento en este tipo de usuarios. La información correspondiente para los clientes comerciales e industriales se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Preferencia inicial de clientes comerciales e industriales ¹⁹

Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clientes COM			Clientes IND		
		dic- 10	dic- 16	Preferen cia Inicial COM.	dic- -10	dic- 16	Preferen cia Inicial IND.
79 501	79 501 SAN GIL 1	967	1549	97	84	128	7
79 502	79 502 SAN GIL 2	539	657	20	96	152	9
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI	0	0	0	0	0	0

¹⁸ Tomado del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Datos de entrada"

¹⁹ Tomado del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Datos de entrada"

Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clientes COM			Clientes IND		
		dic- 10	dic- 16	Preferen cia Inicial COM.	dic- -10	dic- 16	Preferen cia Inicial IND.
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0	0	0	0	0	0
79 511	79 511 SAN GIL 3	133	415	47	29	84	9

En el caso de los clientes comerciales e industriales, no se presenta preferencia inicial para los circuitos 79 504 y 79 505. Por lo tanto, se considera que el potencial y crecimiento para este tipo de usuarios en dichos circuitos es igual a cero.

3.3 PROYECTOS PUNTUALES - AÑO 3

El ajuste de la preferencia inicial de clientes para los tres primeros años de la proyección se realiza por medio de los proyectos puntuales tomados de la base de datos de CAMACOL. La entidad CAMACOL - SANTANDER recopila la información del desarrollo de cada uno de los proyectos del sector de la construcción con actualización mensual. Sin embargo, la consulta realizada en su sistema de información georeferenciado, denominado “Coordenada Urbana”, no suministra información de proyectos residenciales en el municipio de San Gil. La importancia de la información recopilada por CAMACOL, es que permite visualizar cada uno de los proyectos localizado geográficamente, además de brindar la siguiente información relevante:

- Nombre del proyecto
- Estado del proyecto
- Zona de análisis
- Estrato
- Dirección del Proyecto

— Unidades Totales del Proyecto

Por lo tanto y teniendo en cuenta la carencia de la base de datos de CAMACOL, para San Gil, se procede a realizar la recolección de la información en sitio. De esta manera, se realizan visitas al municipio con el fin de recorrer la zona urbana en busca de proyectos de viviendas en etapa de construcción. Así mismo, se realizaron visitas a las oficinas de los urbanizadores y sala de ventas de los proyectos.

El objetivo principal es obtener el potencial de viviendas de proyectos urbanísticos a corto plazo. Este potencial hace parte de los clientes proyectados en el año tres dentro del horizonte de planeación. La diferencia entre la proyección global de clientes y las unidades de viviendas de los proyectos finalizados en el año tres, es considerada como la demanda vegetativa y se distribuye posteriormente por medio de la preferencia inicial de clientes ajustada luego de haber incluido los proyectos puntuales. Luego de obtener el potencial de viviendas en el corto plazo, se determina el circuito que atenderá su demanda. Finalmente, se obtiene la información de la tabla 10.

Tabla 10. Proyectos puntuales residenciales - año 3. ²⁰

Nombre	Tipo de usuario	Circuito	Unidades
Torre Icónica	RESA	79 502	108
Condominio Los Nogales	RESB	79 502	70
Alcantuz Terraza	RESB	79 502	45
Edificio Santamore II	RESB	79 511	96
Edificio Balcones del Fonce	RESB	79 501	20
Condominio Amalfi	RESA	79 511	27
Unidad residencial La Coruña I	RESB	79 504	90
Edificio Lourdes	RESB	79 501	45
Sol del Cacique	RESB	79 502	96

²⁰ Tomado del ANEXO F. "PROYECTOS PUNTUALES SAN GIL. Hoja: PROYECTOS PUNTUALES 3 AÑOS"

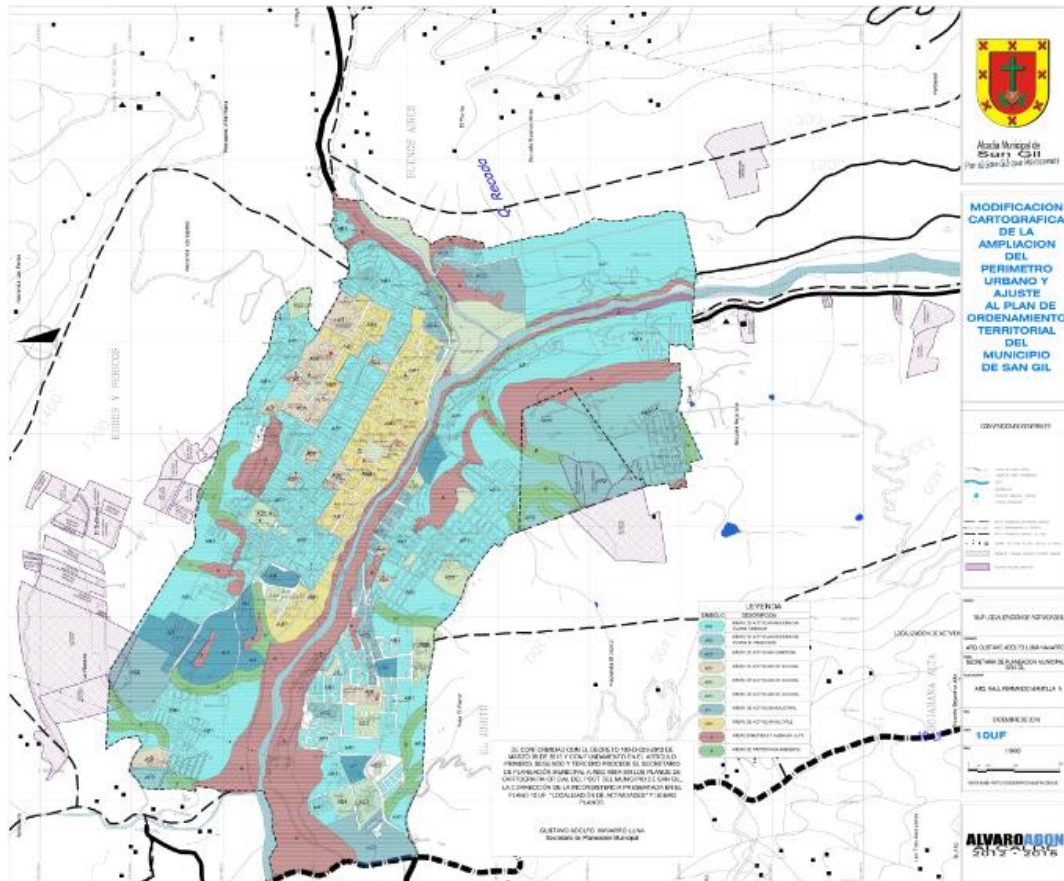
Nombre	Tipo de usuario	Circuito	Unidades
Ciudadela vista Campestre	RESB	79 504	340
Edificio Aquarium	RESA	79 501	72

De la tabla anterior se observa que el circuito 79 502, al tercer año del horizonte de planeación cuenta con más de 270 unidades de viviendas, siendo el circuito con más clientes residenciales conectados al año 3.

3.4 CUANTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE NUEVOS CLIENTES

La principal fuente de información para cuantificar el potencial de nuevas viviendas en el territorio, se encuentra en la oficina de planeación del municipio. Sin embargo, la documentación urbanística suministrada por dicha oficina se considera escasa, teniendo en cuenta el dinamismo y crecimiento que ha venido presentando el municipio de San Gil en los últimos años. La información actualizada, a cerca de la expansión del perímetro urbano, los usos del suelo y nuevos predios urbanos del municipio se muestra en la ilustración 3. Dicha ilustración, sirve de guía para la identificación del potencial urbanístico del territorio en las tres formas que puede presentarse: en zona urbanizada (dentro del perímetro urbano del municipio), zona urbanizable (zona suburbana y zona de expansión urbana) y zona re-urbanizable (zona urbana densamente urbanizada). Para el primer caso, se cuantifica el potencial de aquellos terrenos que cuentan con las acometidas de los servicios públicos domiciliarios y hacen parte de proyectos residenciales en ejecución, sin embargo, no se ha edificado construcción alguna. En el segundo caso, para zona urbanizable, se tiene en cuenta los proyectos urbanísticos en las zonas del suelo suburbano y de expansión urbana. En la ilustración, se muestran estos lotes con la leyenda denominada “nuevos predios urbanos”, además, se debe consulta en los planes parciales, los cuales permiten el desarrollo en zona de expansión urbana. Para el último caso, en zonas re-urbanizables, se determinan aquellos barrios con tendencia a la redensificación de los lotes.

Ilustración 4. Modificación cartográfica de la ampliación del perímetro urbano y ajuste al Plan de Ordenamiento territorial del municipio de San Gil. [1]



3.4.1 Potencial de nuevos clientes en zona urbana. Desde la aprobación del PBOT del municipio, en el año 2003, se han desarrollado diversos proyectos de vivienda en la zona urbana de San Gil. Sin embargo, aunque han finalizado la etapa de urbanización de los predios, no han sido construidas en su totalidad el número de viviendas proyectadas. Por lo tanto, estas urbanizaciones hacen parte del potencial de nuevos clientes.

En este caso, se hace uso del GEOPORTAL del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), una herramienta en línea que permite realizar consultas de los predios del sistema catastral nacional. El GEOPORTAL del IGAC, permite la

identificación de los pedios y suministra información detallada acerca de la ubicación en el mapa, el código predial, la dirección, el destino económico, área del terreno y área construida del predio.

Una vez identificados los proyectos de urbanización desarrollados posteriormente a la adopción del PBOT, se debe determinar el potencial en unidades de viviendas, es decir, cuantificar aquellos predios que aún no han sido edificados de acuerdo a las disposiciones iniciales del urbanizador. Para lo cual, se cuenta con el filtro de las factibilidades solicitadas a la ESSA, la base de datos de proyectos radicados en la ESSA - Zona San Gil (2013-2016), el filtro de los clientes urbanos registrados en el SAC e información suministrada por los constructores de los proyectos. De esta manera, se obtiene la información consolidada en la tabla 11.

Tabla 11. Potencial de viviendas en el suelo urbano del municipio de San Gil ²¹

Nombre del proyecto	Circuito	Potencial de viviendas
Samuel Martínez Rodríguez	79 502	130
Urbanización Pedro Fermín I Etapa	79 502	91
Urbanización Pedro Fermín II Etapa	79 502	233
Urbanización Ciudad Blanca II Etapa	79 502	112
Urbanización Niño Jesús	79 502	98
Urbanización San José	79 502	118
Urbanización Santa Isabel	79 502	43
Urbanización Villas de Mochuelo	79 502	187
Urbanización Villa Sofía	79 504	25
Conjunto Residencial Bella Isla	79 502	56
Conjunto Cerrado Balcones del Bella Isla	79 502	106
Urbanización Bella Isla	79 502	55

²¹ Tomado del ANEXO G. "POTENCIAL DE VIVIENDAS SUELO URBANO SAN GIL. Hoja: CONSOLIDADO"

Nombre del proyecto	Circuito	Potencial de viviendas
Urbanización Terrazas de San Luis	79 502	55
Jardines del Bella Isla	79 502	90
Condominio La Juliana	79 511	109
Conjunto residencial Hacienda Santamore	79 511	194
Urbanización Villa Aurora	79 511	145
Urbanización La Universidad	79 501	26
Conjunto Residencial Altos de la Playa	79 511	178
Urbanización Altos de la Villa	79 511	83
Antonia Santos	79 511	126
Urbanización El Prado	79 511	29
Urbanización San Luis	79 506	315
Urbanización Quintas de Cañaverál	79 506	140

3.4.2 Potencial de nuevos clientes en zona de expansión y suelo suburbano.

El primer paso para identificar el potencial de usuarios residenciales fuera del casco urbano del municipio, consiste en determinar las características de los nuevos predios urbanos mostrados en la Ilustración 4. La información consultada de estos lotes, por medio del GEOPORTAL del IGAC, se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Nuevos predios urbanos del municipio de San Gil ²²

Nombre del predio	Matrícula Inmobiliaria	Destino económico	Dirección	Área de terreno [M²]	Área construida [M²]
ALAMEDA	319-38037	Habitacional	ALAMEDA CAMPESTRE	72.340	-

²² Tomado del ANEXO H. "PREDIOS DE EXPANSION URBANA SAN GIL. Hoja: PREDIOS URBANOS NUEVOS"

Nombre del predio	Matrícula Inmobiliaria	Destino económico	Dirección	Área de terreno [M²]	Área construida [M²]
LA MORENA	319-2974	Habitacional	LA MORENA	244.800	260
VILLA ALICIA	319-19908	Agropecuario	VILLA ALICIA	325	-
LA PRIMAVERA	319-48763	Habitacional	LA PRIMAVERA	34.387	233
LA MINCHA	319-18464	Habitacional	LA MINCHA	30.000	216
EL RECUERDO	319-34344	Habitacional	EL RECUERDO	11.089	150
MONTEBELLO	319-28649	Agropecuario	MONTEBELLO	23.186	-
VILLA DE SAN JUAN 1 LO 1	319-64651	Agropecuario	VILLA DE SAN JUAN 1 LO 1	4.550	-
LOTE C	319-49183	Agropecuario	LOTE C	22.806	-
LOTE D	319-49184	Agropecuario	LOTE D	12.172	-
LOTE 3	319-49899	Agropecuario	LOTE 3	10.470	-
LOTE 1	319-67588	Lote no urbanizable	LOTE 1	7.825	-
ALTOPRADO LO 2	319-67588	Lote no urbanizable	ALTOPRADO LO 2	8.225	-
LOTE UNO	319-50125	Lote urbanizado	CALLE 20-21, CRA 1AN-1	-	-
LOTE 2	319-50126	Agropecuario	LOTE 2	15.366	-
LOTE 3	319-50127	Agropecuario	LOTE 3	13.107	-
LOTE # B	315-48284	Agropecuario	LOTE B	11.231	-
ALTOS DE SANTA CRUZ	319-55015	Lote urbanizado no edificado	ALTOS DE SANTA CRUZ	9.524	-
LA BELLEZA	319-36106	Lote urbanizado	-	-	-
EL CASTILLO	319-45013	Lote urbanizado no	EL CASTILLO	4.000	-

Nombre del predio	Matrícula Inmobiliaria	Destino económico	Dirección	Área de terreno [M ²]	Área construida [M ²]
EL REMANSO	319-41971	edificado Lote urbanizado	-	-	-
CASA DE TAPIA	319-46893	Agropecuario	CASA DE TAPIA	21.766	-
LOTE 1 LOTE URBANO	319-56991	Lote urbanizado no edificado	LOTE 1 LOTE URBANO	38.120	-
LA VEGA	319-49132	-	-	-	-
NUMERO UNO	319-31036	-	-	-	-
LA QUINTA	319-33219	Agropecuario	VILLA HERMINIA LA QUINTA VDA BEJAR	5.400	-
LOTE DE TERRENO	319-56567	-	-	-	-

De los anteriores predios, los tres que corresponden a zona de expansión urbana son los siguientes:

- ALTOS DE SANTA CRUZ (319-55015)
- LA QUINTA (319-33219)
- LOTE DE TERRENO (319-56567)

Sin embargo, la información suministrada acerca de la reglamentación del desarrollo del área de expansión urbana por parte de la oficina de planeación es un único plan parcial denominado “Plan Parcial Proyecto Colina Campestre – lote de 3.508 m²”. El predio asignado a dicho plan parcial se identifica con número de matrícula 319-53971, el cual no corresponde a ninguno de los nuevos predios urbanos en la ilustración 3.

Por lo tanto, considerando la falta de información reglamentaria para la zona de expansión urbana, se realizan consultas en internet ([2], [5] y [8]) respecto a los proyectos en ejecución o planeados en estos predios. De esta manera, se obtiene el potencial de nuevas viviendas para el mediano y largo plazo fuera de la zona urbana del municipio. La información recopilada se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Potencial de viviendas en predios de zona de expansión urbana y suelo suburbano ²³

Nombre del predio o lote	Fuente de información	Circuito	Proyecto	Plazo de ejecución	Cantidad de viviendas
LOTE UNO	GEOPORTAL IGAC	79 504	URBANIZACIÓN CERROS DEL MORAL UNIDAD	Mediano Plazo	125
LA BELLEZA	GEOPORTAL IGAC	79 501	RESIDENCIAL PORTO VELHO URBANIZACIÓN	Mediano Plazo	200
EL REMANSO	GEOPORTAL IGAC	79 501	RIBERA CAMPESTRE	Mediano Plazo	43
NUMERO UNO	GEOPORTAL IGAC	79 502	CIUDADELA BELLA VISTA	Mediano Plazo	940
LOTE DE TERRENO	GEOPORTAL IGAC	79 511	CIUDADELA NUEVA BAEZA UNIDAD	Largo Plazo	700
ALTOS DE SANTA CRUZ	GEOPORTAL IGAC	79 511	RESIDENCIAL ALTOS DE SANTA CRUZ	Largo Plazo	90
LA VEGA	INTERNET	79 511	MARSELLA CAMPESTRE I	Mediano Plazo	420
CASA DE TAPIA	INTERNET	79 511	MARSELLA CAMPESTRE II	Mediano Plazo	208

²³ Tomado del ANEXO H. "PREDIOS DE EXPANSION URBANA SAN GIL. Hoja: PREDIOS URBANOS NUEVOS"

Nombre del predio o lote	Fuente de información	Circuito	Proyecto	Plazo de ejecución	Cantidad de viviendas
LOTE DE TERRENO COLINA CAMPESTRE	PLAN PARCIAL	79 511	URBANIZACION COLINA CAMPESTRE	Mediano Plazo	51

De la tabla anterior se observa que gran parte de las zonas de expansión serán suministradas de energía por el circuito 79 511 con más de 1500 unidades de viviendas planificadas para esta zona.

3.5 PROPORCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES TIPO RESIDENCIAL

La proporción de distribución de clientes hace referencia al porcentaje por medio del cual se distribuye la demanda vegetativa de clientes entre los diferentes circuitos. Corresponde al porcentaje de participación de la preferencia inicial de clientes respecto al total de la preferencia inicial por circuito de un mismo tipo de usuario. Por lo tanto, este dato representa el crecimiento ponderado de cada circuito por tipo de cliente. Para determinar la proporción de distribución se debe ajustar la preferencia inicial de clientes en cada plazo de tiempo dentro del horizonte de planeación. En cada caso, se realiza el ajuste de acuerdo al potencial de viviendas determinada para el plazo de tiempo correspondiente.

Para el año tres, el potencial de viviendas corresponde a los proyectos puntuales actualmente en construcción, los cuales se consideran estarán terminados dentro de los primeros tres años del horizonte de planeación. En el caso del año cinco y diez, no se consideran los proyectos puntuales como parte de la proyección global de clientes, ya que la incertidumbre acerca de la realización de dichos desarrollos urbanísticos aumenta considerablemente. Por lo tanto, la proyección global de clientes para estos plazos de tiempo se considera en su totalidad la demanda vegetativa y se distribuye de acuerdo a la proporción de distribución de clientes.

Adicionalmente, para la distribución de clientes en el año cinco y diez, se considera un único tipo de usuario residencial, ya que no es posible la determinación del estrato en el total del potencial de viviendas estimado.

3.5.1 Año 3. Para el tercer año dentro del horizonte de planeación se tiene un potencial de viviendas tipo residencial A y residencial B, igual a 207 y 802 usuarios, respectivamente. Ya que estas viviendas se encuentran localizadas geográficamente por circuito, no es necesario distribuirlas. Sin embargo, aquellos usuarios faltantes por distribuir o demanda vegetativa, se les debe aplicar la proporción de distribución de clientes.

La demanda vegetativa anual, en el primer plazo de tres años, calculada para el tipo de cliente residencial A y B se muestran en la tabla 14 y la tabla 15, respectivamente.

Tabla 14. Demanda vegetativa anual para usuario tipo residencial A - Año 3 ²⁴

Residencial A - Año 3	
Proyección Global Anual	83
Potencial de Proyectos Puntuales Anual	69
Faltante por distribuir Anual (VEGETATIVA)	14

Tabla 15. Demanda vegetativa anual para usuario tipo residencial B - Año 3 ²⁵

Residencial B - Año 3	
Proyección Global Anual	608
Potencial de Proyectos Puntuales Anual	267
Faltante por distribuir Anual (VEGETATIVA)	341

La proporción de distribución de clientes se calcula ponderando la suma de la preferencia inicial más la cantidad promedio anual de clientes en proyectos puntuales, con respecto al total de clientes de dicha adición. Los resultados

²⁴ Tomada del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Distribución RESA"

²⁵ Tomada del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Distribución RESB"

obtenidos para clientes residenciales A y B se muestran en la tabla 16 y tabla 17, respectivamente.

Tabla 16. Proporción de distribución de clientes para usuario tipo residencial A - Año 3 ²⁶

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	Preferencia inicial de Viviendas	Potencial Proyectos de Viviendas ANUAL	Preferenci	Proporción de distribución de clientes
				a Inicial + Potencial de Proyectos anual	
79 501	79 501 SAN GIL 1	42	24	66	36%
79 502	79 502 SAN GIL 2	34	36	70	38%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	16	0	16	9%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0	0	0	0%
79 511	79 511 SAN GIL 3	20	9	29	16%
		112	69	181	100%

Tabla 17. Proporción de distribución de clientes para usuario tipo residencial B - Año 3 ²⁷

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	Preferenci a inicial de Viviendas	Potencial Proyectos de Viviendas ANUAL	Preferenci	Proporción de distribución de clientes
				a Inicial + Potencial de Proyectos anual	
79 501	79 501 SAN GIL 1	103	22	124	8%
79 502	79 502 SAN GIL 2	445	70	515	35%

²⁶ Tomada del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Distribución RESA"

²⁷ Tomada del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Distribución RESB"

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	Preferencia inicial de Viviendas	Potencial Proyectos de Viviendas ANUAL	Preferencia Inicial + Potencial de Proyectos anual	Proporción de distribución de clientes
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	63	143	207	14%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	7	0	7	0%
79 511	79 511 SAN GIL 3	600	32	632	43%
		1218	267	1485	100%

Una vez calculada la proporción de distribución de clientes, se distribuye la demanda vegetativa anual por cada circuito. Finalmente, la suma del potencial de proyectos de viviendas anual más la distribución de la demanda vegetativa anual corresponden al potencial de viviendas para el primer año dentro del horizonte de planeación. Los resultados finales de la distribución para el año tres de los clientes residencial A y B se muestran en la tabla 18 y tabla 19, respectivamente.

Tabla 18. Total de viviendas tipo residencial A en el territorio - Año 3 ²⁸

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	Distribución vegetativa anual por circuito	Potencial de Viviendas Primer año	Total Viviendas distribuidas AÑO 3	Total Viviendas en el territorio AÑO 3
79 501	79 501 SAN GIL 1	5	29	87	742
79 502	79 502 SAN GIL 2	5	41	124	955
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	1	1	4	111

²⁸ Tomada del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Distribución RESA"

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	Distribución vegetativa anual por circuito	Potencial de Vivienda s Primer año	Total Viviendas distribuidas s AÑO 3	Total Viviendas en el territorio AÑO 3
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0	0	0	0
79 511	79 511 SAN GIL 3	2	11	34	208
		14	83	249	2016

Tabla 19. Total de viviendas tipo residencial B en el territorio - Año 3 ²⁹

Circuito o 13.8 kV	Nombre del circuito	Distribución vegetativa anual por circuito	Potencial de Vivienda s Primer año	Total Viviendas distribuidas s AÑO 3	Total Viviendas en el territorio AÑO 3
79 501	79 501 SAN GIL 1	28	50	150	2158
79 502	79 502 SAN GIL 2	118	189	566	7995
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	47	191	572	1128
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	2	2	5	54
79 511	79 511 SAN GIL 3	145	177	531	4303
		341	608	1824	15638

3.5.2 Año 5. Para el quinto año, se consideran construidas las viviendas distribuidas en el año tres y se calcula la preferencia inicial de clientes entre el año 2015 y 2019. El resultado del cálculo se muestra en la tabla 20.

²⁹ Tomada del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Distribución RESB"

Tabla 20. Preferencia Inicial de clientes tipo residencial - Año 5 ³⁰

Datos del circuito		Territorio 2019 - Año 3	
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clientes 31/12/2019	Preferencia inicial de VIVIENDAS 2015 - 2019
79 501	79 501 SAN GIL 1	2901	86
79 502	79 502 SAN GIL 2	8950	254
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	1239	156
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	54	3
79 511	79 511 SAN GIL 3	4845	230
			730

De acuerdo a la metodología PED, el ajuste de la preferencia inicial de clientes se realiza por medio de criterios de la curva Gompertz. Por lo tanto, se debe determinar inicialmente el porcentaje de ocupación del territorio al final del año tres. Este porcentaje se determina con base en el total de viviendas del territorio para el año cinco, estimado como la suma del potencial de usuarios en el mediano y largo plazo más los clientes del año tres. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 21.

³⁰ Tomado del ANEXO I. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 5. Hoja: Distribución de viviendas 2017"

Tabla 21. Porcentaje de ocupación del territorio en el año 3 con respecto al total de viviendas estimado para el año 5. ³¹

Datos del circuito		Potencial del territorio 2021 - Año 5				
Circuito	Nombre del circuito	Potencia l de vivienda s en predios	Potencia l de vivienda s por redensifi -cación	Potenci al total de vivienda s AÑO 5	Total Vivienda s en el territorio AÑO 5	% Ocupación del territorio AÑO 3 respecto al potencial AÑO 5
13.8	79 501 SAN GIL 1	269	0	269	3170	92%
	79 502 SAN GIL 2	2184	0	2184	11134	80%
	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	150	0	150	1389	89%
	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	455	0	455	509	11%
	79 511 SAN GIL 3	2333	0	2333	7178	67%
				5391	23379	

Una vez determinado el porcentaje de ocupación del territorio, se establece la zona en la que se encuentra cada circuito de acuerdo a la curva de GOMPERZ y luego se asigna el factor de corrección respetivo. La preferencia inicial corregida corresponde al producto entre la preferencia inicial estimada en la tabla 22 y el factor de corrección de Gompertz. De este modo, se determina la primera proporción de distribución de clientes para el año cinco.

³¹ Tomado del ANEXO I. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 5. Hoja: Distribución de viviendas 2017"

Tabla 22. Primera proporción de distribución de clientes - Año 5 ³²

Datos del circuito		Curva Gompertz (1)			
Circuito	Nombre del circuito	clasificación Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz	Primera preferencia inicial de clientes corregida con Gompertz	Primera proporción de distribución de clientes
13.8 [kV]					
79 501	79 501 SAN GIL 1	Z4	0,42	37	6%
79 502	79 502 SAN GIL 2	Z4	0,98	249	41%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	Z4	0,54	84	14%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	Z2	1,01	3	1%
79 511	79 511 SAN GIL 3	Z3	1,00	230	38%
				604	100%

Posteriormente, se realiza la primera distribución de la demanda vegetativa residencial. Es importante tener presente que la distribución de clientes no podrá superar el potencial de viviendas estimado para cada circuito. Por lo tanto, se debe realizar la verificación del tope del total del potencial de viviendas luego de la primera distribución. Los resultados se muestran en la tabla 23.

³² Tomado del ANEXO I. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 5. Hoja: Curva de Gompertz"

Tabla 23. Primera distribución de clientes en el territorio - Año 5 ³³

Datos del circuito		Primera distribución de clientes en el territorio - Año 5			
Circuito	Nombre del circuito [kV]	Primera	Primera	Primera	% Ocupación
		Distribución	del tope del	de	del territorio
13.8		n clientes	total del potencial de viviendas	viviendas en el territorio	primera distribución respecto al potencial AÑO 5
79 501	79 501 SAN GIL 1	84	84	2984	94%
79 502	79 502 SAN GIL 2	571	571	9520	86%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	193	150	1389	100%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	7	7	61	12%
79 511	79 511 SAN GIL 3	527	527	5372	75%
		1382	1339	19327	

Luego de la primera distribución, el circuito 79 504 supera el límite del potencial de viviendas para el mediano y largo plazo en 43 usuarios. Por lo tanto, se asigna el valor máximo para la distribución de clientes quedando el porcentaje de ocupación del territorio para este circuito igual al 100%. De 1382 usuarios por distribuir en el año cinco, 43 de ellos deben distribuirse nuevamente en una segunda distribución. Por lo tanto, se aplica nuevamente los criterios de Gompertz teniendo cuenta el porcentaje de ocupación del territorio luego de la primera distribución. Luego, se asigna la segunda proporción de distribución de clientes tal como se muestra en la tabla 24.

³³ Tomado del ANEXO I. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 5. Hoja: Curva de Gompertz"

Tabla 24. Segunda proporción de distribución de clientes - Año 5 ³⁴

Datos del circuito		Curva Gompertz (2)			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clasificación Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz	Segunda	Segunda
				preferencia inicial de clientes corregida con Gompertz	proporción de distribución de clientes
79 501	79 501 SAN GIL 1	Z4	0,3	11	3%
79 502	79 502 SAN GIL 2	Z4	0,7	181	42%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	Z4	0,0	0	0%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	Z2	1,0	3	1%
79 511	79 511 SAN GIL 3	Z3	1,0	230	54%
				425	100%

De acuerdo a esta segunda proporción de distribución de cliente, se distribuyen los 43 clientes faltantes. Posteriormente, se realiza la verificación del tope del potencial de viviendas. Los resultados de la segunda distribución para el año cinco se muestran en la tabla 25.

³⁴ Tomado del ANEXO I. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 5. Hoja: Curva de Gompertz"

Tabla 25. Segunda distribución de clientes en el territorio - Año 5 ²⁸

Datos del circuito		Segunda distribución de clientes en el territorio - Año 5			
Circuito	Nombre del circuito	Segunda Distribución de clientes	Primera y segunda distribución de clientes	Segunda	Distribución total de clientes
				verificación del tope del total del potencial de viviendas	
13.8	[kV]				
79 501	79 501 SAN GIL 1	1	85	1	85
79 502	79 502 SAN GIL 2	18	589	18	589
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	0	150	0	150
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0	8	0	8
79 511	79 511 SAN GIL 3	23	551	23	551
		43	1382	43	1382

En la segunda distribución de clientes no se supera el potencial máximo establecido para cada circuito, además, se distribuyen en su totalidad los 1382 usuarios del crecimiento vegetativo entre el año tres y cinco, establecidos por la proyección global. Por consiguiente, se da por finalizada la distribución de clientes residenciales para el año cinco con los resultados que se muestran en la tabla 26.

Tabla 26. Resultados de la distribución de usuarios tipo residencial - Año 5 ³⁵

Datos del circuito		Resultados			
Circuito	Nombre del circuito	Total de viviendas en el territorio AÑO 5	%Ocupación Final	% de Distribución respecto al potencial del territorio	% de Distribución respecto a la preferencia inicial
13.8	79 501 SAN GIL 1	2986	94%	32%	49%
	79 502 SAN GIL 2	9539	86%	27%	116%
	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	1389	100%	100%	48%
	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	62	12%	2%	121%
	79 511 SAN GIL 3	5395	75%	24%	120%
		19370			

Al final del año cinco dentro del horizonte de planeación, luego de la distribución de clientes, el total de usuarios tipo residenciales es de 19.370 clientes. El circuito 79 504 se encuentra un 100% ocupado, mientras el circuito 79 506 presenta un gran potencial de viviendas para los próximos años. Todos los circuitos, excepto el 79 504, presentan un mayor crecimiento respecto a la preferencia inicial de clientes, debido al ajuste realizado por los factores de la curva de Gompertz.

3.5.3 Año 10. En primer lugar, se determina la preferencia inicial de clientes, luego de la distribución de usuarios en el año 5, es decir, entre el año 2015 y 2021, tal como se muestra en la tabla 27.

³⁵ Tomado del ANEXO I. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 5. Hoja: Curva de Gompertz"

Tabla 27. Preferencia Inicial de clientes tipo residencial - Año 10 ³⁶

Datos del circuito		Territorio 2021 - Año 10	
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clientes 31/12/2021	Preferencia inicial de VIVIENDAS 2015 - 2021
79 501	79 501 SAN GIL 1	2734	30
79 502	79 502 SAN GIL 2	8458	87
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI – CHIF	823	35
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	51	2
79 511	79 511 SAN GIL 3	4441	86

Al igual que en el año 5, el ajuste de esta preferencia inicial se realiza por medio de los factores de corrección de la curva de GOMPERZ. Por lo tanto, se debe modificar el potencial de los clientes luego de la distribución en el año 5. Para determinar el potencial de viviendas en el último año del horizonte de planeación, se resta la distribución de clientes del año 5 al potencial establecido en la zona urbana, zona de expansión y suelo suburbano, tal como se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. Total del potencial de viviendas - Año 10 ³⁷

Circuito 13.8 [kV]	Zona urbana	Zona de expansión y suelo suburbano	Viviendas distribuidas 2021	Total viviendas
79 501	26	243	85	184
79 502	1244	940	589	1595
79 503	0	0	0	0
79 504	25	125	150	0
79 505	0	0	0	0
79 506	455	0	8	447

³⁶ Tomado del ANEXO J. “DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 10. Hoja: Distribución de viviendas 2017”

³⁷ Tomado del ANEXO J. “DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 10. Hoja: POTENCIAL GEOGRAFICO”

Circuito 13.8 [kV]	Zona urbana	Zona de expansión y suelo suburbano	Viviendas distribuidas 2021	Total viviendas
79 507	0	0	0	0
79 508	0	0	0	0
79 511	864	1469	551	1782
TOTAL	2614	2777	1382	4009

Una vez modificado el potencial de clientes para el año final del horizonte de planeación, se establece el porcentaje de ocupación del territorio en el año 5 con respecto al potencial del año 10.

Tabla 29. Porcentaje de ocupación del territorio en el año 5 con respecto al total de viviendas estimado para el año 10 ³⁸

Datos del circuito		Potencial del territorio 2026 - Año 10				
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Potencia l de vivienda s en predios	Potencia l de vivienda s por redensifi cación	Potenci al total de vivienda s AÑO 10	Total Vivienda s en el territorio AÑO 10	% Ocupació n del territorio AÑO 5 respecto al potencial AÑO 10
79 501	79 501 SAN GIL 1	184	0	184	2918	94%
79 502	79 502 SAN GIL 2	1595	0	1595	10053	84%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	0	0	0	823	100%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	447	0	447	498	10%
79 511	79 511 SAN GIL 3	1782	0	1782	6224	71%

³⁸ Tomado del ANEXO J. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 10. Hoja: Distribución de viviendas 2017"

Datos del circuito		Potencial del territorio 2026 - Año 10				
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Potencia	Potencia	Potenci	Total	%
		l de vivienda s en predios	l de vivienda s por redensifi cación	al total de vivienda s AÑO 10	Vivienda s en el territorio AÑO 10	Ocupació n del territorio AÑO 5 respecto al potencial AÑO 10
		4009				

Al igual que para el año 5, este porcentaje de ocupación establece la zona en la curva de Gompertz, lo cual asigna el factor de corrección para el ajuste de la preferencia inicial. Finalmente, se obtiene la primera proporción de distribución de clientes.

Tabla 30. Primera proporción de distribución de clientes - Año 10 ³⁹

Datos del circuito		Curva Gompertz (1)			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	clasificaci	Factor	Primera	Primera
		ón Zona curva Gompertz	corrección Gompertz	preferenci a inicial de clientes corregida con Gompertz	proporción de distribució n de clientes
79 501	79 501 SAN GIL 1	Z4	0,32	9	6%
79 502	79 502 SAN GIL 2	Z4	0,79	69	42%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	Z4	0,00	0	0%

³⁹ Tomado del ANEXO J. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 10. Hoja: Distribución de viviendas 2017"

Datos del circuito		Curva Gompertz (1)			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	clasificaci ón Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz	Primera preferenci a inicial de clientes corregida con Gompertz	Primera proporción de distribució n de clientes
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	Z2	1,00	2	1%
79 511	79 511 SAN GIL 3	Z3	1,00	86	52%
				167	100%

Con base en esta proporción se distribuyen los 3.455 usuarios que componen el crecimiento de la demanda entre el año 5 y el año final del horizonte de planeación. Luego, al verifica el tope del total del potencial de viviendas, los circuitos 79 501 y 79 511 presentan una distribución superior al potencial estimado para cada uno de ellos. Por lo tanto, se asigna el potencial máximo de viviendas a estos circuitos y se realiza una segunda distribución para un total de 18 usuarios sin distribuir.

Tabla 31. Primera distribución de clientes en el territorio - Año 10 ³⁴

Datos del circuito		Primera distribución de clientes en el territorio - Año 10		
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Primera Distribució n clientes	Primera verificación del tope del total del potencial de viviendas	Primer total de viviendas en el territorio
79 501	79 501 SAN GIL 1	194	184	2918
79 502	79 502 SAN GIL 2	1437	1437	9895
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI –	0	0	823

Datos del circuito		Primera distribución de clientes en el territorio - Año 10		
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Primera Distribución clientes	Primera verificación del tope del total del potencial de viviendas	Primer total de viviendas en el territorio
79 506	CHIF 79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	33	33	83
79 511	79 511 SAN GIL 3	1790	1782	6224
		3455	3437	

De igual forma que al año 5, se establece el porcentaje de ocupación del territorio luego de la primera distribución de clientes y se repite el procedimiento de la curva de Gompertz. Cabe resaltar que el porcentaje de ocupación de los circuitos 79 501 y 79 511 es igual al 100 %, por lo tanto, el factor de corrección de Gompertz y la distribución de clientes para estos circuitos es igual a cero.

Tabla 32. Segunda proporción de distribución de clientes - Año 10 ⁴⁰

Datos del circuito		Curva Gompertz (2)			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clasificación Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz	Segunda preferencia inicial de clientes corregida con Gompertz	Segunda proporción de distribución de clientes
79 501	79 501 SAN GIL 1	Z4	0,0	0	0%

⁴⁰ Tomado del ANEXO J. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 10. Hoja: Distribución de viviendas 2017"

Datos del circuito		Curva Gompertz (2)			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Clasificación Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz	Segunda preferencia inicial de clientes corregida con Gompertz	Segunda proporción de distribución de clientes
79 502	79 502 SAN GIL 2	Z4	0,1	5	76%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	Z4	0,0	0	0%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	Z2	1,1	2	24%
79 511	79 511 SAN GIL 3	Z4	0,0	0	0%
					100%

Tabla 33. Segunda distribución de clientes en el territorio - Año 10 ³⁴

Datos del circuito		Segunda distribución de clientes en el territorio - Año 10			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Segunda Distribución clientes	Primera y segunda distribución de clientes	Segunda verificación del tope del total del potencial de viviendas	Distribución total de clientes
79 501	79 501 SAN GIL 1	0	184	0	184
79 502	79 502 SAN GIL 2	14	1451	14	1451
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	0	0	0	0
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	4	37	4	37

Datos del circuito		Segunda distribución de clientes en el territorio - Año 10			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Segunda			
		Segunda Distribución de clientes	Primera y segunda distribución de clientes	verificación del tope del potencial de viviendas	Distribución total de clientes
79 511	79 511 SAN GIL 3	0	1782	0	1782
		18	3455	18	3455

Finalmente, se verifica por segunda vez el tope del total del potencial de viviendas, el cual no se excede en ninguno de los circuitos. Por lo tanto, se obtiene la distribución total de clientes para el plazo de 5 a 10 años dentro del horizonte de planeación. Los resultados finales del territorio luego de la distribución de clientes se presentan en la tabla 34.

Tabla 34. Resultados de la distribución de usuarios tipo residencial - Año 10 ⁴¹

Datos del circuito		Resultados			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Total de viviendas en el territorio AÑO 10	%Ocupación Final	% de Distribución respecto al potencial del territorio	% de Distribución respecto a la preferencia inicial
				79 501	79 501 SAN GIL 1
79 502	79 502 SAN GIL 2	9909	99%	91%	830%
79 504	79 504 ARATOCA -	823	100%	0%	0%

⁴¹ Tomado del ANEXO J. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 10. Hoja: Distribución de viviendas 2017"

Datos del circuito		Resultados			
Circuito 13.8 [kV]	Nombre del circuito	Total de viviendas en el territorio AÑO 10	%Ocupación Final	% de Distribución respecto al potencial del territorio	% de Distribución respecto a la preferencia inicial
79 506	CURITI - CHIF 79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	88	18%	8%	1178%
79 511	79 511 SAN GIL 3	6224	100%	100%	1031%
		19962			

3.6 PROPORCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES TIPO COMERCIAL E INDUSTRIAL

La distribución de los usuarios tipo comercial e industrial se realiza sin ajuste a la preferencia inicial, ya que no se cuenta con información suficiente para establecer el potencial de nuevos usuarios en el territorio. Sin embargo, se actualiza la referencia luego de cada distribución para los periodos de tiempo establecidos dentro del horizonte de planeación.

De esta manera, para el año 3, se toma la preferencia inicial determinada anteriormente. Luego, para el año 5, se calcula teniendo en cuenta el crecimiento de los clientes desde el 2015, hasta el final del periodo del año 3. Por último, la preferencia para el año 10, se determina teniendo en cuenta el crecimiento de los usuarios al final del periodo del año 5 con respecto al número de clientes del año 2016. Los resultados de las distribuciones para los clientes tipo comercial e industrial en los años 3, 5 y 10 dentro del horizonte de planeación, se muestran en la tabla 35 y tabla 36, respectivamente.

Tabla 35. Distribución de clientes Comerciales ⁴²

Distribución de clientes comerciales					
AÑO	Nombre del circuito	Preferencia	Proporción	Distribución	Clientes
		Inicial COM.	de distribución	2019 COM.	31/12/2019
3	79 501 SAN GIL 1	97	59%	188	1.737
	79 502 SAN GIL 2	20	12%	38	695
	79 511 SAN GIL 3	47	29%	91	506
	TOTAL	164	100%	317	2.938
AÑO	Nombre del circuito	Preferencia	Proporción	Distribución	Clientes
		Inicial COM.	de distribución	2021 COM.	31/12/2021
5	79 501 SAN GIL 1	53	39%	81	1.818
	79 502 SAN GIL 2	14	10%	22	717
	79 511 SAN GIL 3	68	51%	106	612
	TOTAL	135	100%	209	3.147
AÑO	Nombre del circuito	Preferencia	Proporción	Distribución	Clientes
		Inicial COM.	de distribución	2026 COM.	31/12/2026
10	79 501 SAN GIL 1	49	39%	206	1.943
	79 502 SAN GIL 2	13	10%	55	750
	79 511 SAN GIL 3	63	51%	269	775
	TOTAL	125	100%	530	3.468

⁴² Tomado del ANEXO K. "PROYECCION DE DEMANDA SDL SAN GIL 2017 - 2026. Hoja: Hoja 1"

Tabla 36. Distribución de clientes Industriales ⁴³

Distribución de clientes industriales					
AÑO	Nombre del circuito	Preferencia Inicial IND.	Proporción de distribución	Distribución 2019 IND.	Clientes 31/12/2019
3	79 501 SAN GIL 1	7	28%	9	137
	79 502 SAN GIL 2	9	36%	12	164
	79 511 SAN GIL 3	9	35%	12	96
	TOTAL	26	100%	33	397
AÑO	Nombre del circuito	Preferencia Inicial IND.	Proporción de distribución	Distribución 2021 IND.	Clientes 31/12/2021
5	79 501 SAN GIL 1	3	17%	4	141
	79 502 SAN GIL 2	3	21%	5	169
	79 511 SAN GIL 3	10	62%	14	110
	TOTAL	16	100%	23	420
AÑO	Nombre del circuito	Preferencia Inicial IND.	Proporción de distribución	Distribución 2026 IND.	Clientes 31/12/2026
10	79 501 SAN GIL 1	3	17%	10	151
	79 502 SAN GIL 2	3	21%	12	181
	79 511 SAN GIL 3	9	62%	34	144
	TOTAL	14	100%	56	476

Es importante resaltar que el procedimiento se aplica a los circuitos San Gil 1, 2 y 3, ya que son los que atienden clientes comerciales e industriales dentro del casco urbano del municipio.

⁴³ Tomado del ANEXO K. "PROYECCION DE DEMANDA SDL SAN GIL 2017 - 2026. Hoja: Hoja 1"

4. DEMANDA DE POTENCIA

Luego de cuantificar los nuevos clientes en cada circuito, en este capítulo se determina la demanda de potencia que representan al finalizar cada uno de los tres plazos establecidos dentro del horizonte de planeación. Además, se determina el crecimiento de la demanda de potencia de los clientes que no están incluidos en la zona de análisis.

4.1 KVA/INSTALACIÓN POR TIPOS DE USUARIO

Una vez distribuida la proyección global de clientes, para cada año de los plazos establecidos, se procede a determinar las demandas de potencia que representarán dichos clientes en el futuro. Para lo cual, se realiza un ejercicio que permite determinar los kVA/instalación por cada tipo de usuario. El ejercicio tiene como finalidad, establecer la potencia máxima diaria, teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda hora a hora, durante un día, de cada tipo de usuario.

La información base para la realización del ejercicio es la cantidad de clientes y sus demandas facturadas en [kW-h], durante el mes de diciembre del año 2016. Se considera constante el consumo de energía diaria durante el mes facturado, de esta manera, el promedio de la demanda del mes representa el consumo diario de los clientes. La información es suministrada por la ESSA y se registra en la tabla 37 y en la tabla 38, respectivamente.

Tabla 37. Cantidad de clientes facturados durante el mes de diciembre del año 2016⁴⁴

Circuito	Nombre	Cantidad de usuarios por Tipo de cliente - Dic 2016			
		Residencial	Residencial	Comercial	Industrial
		A	B		
79 501	SAN GIL 1	655	2008	1576	128
79 502	SAN GIL 2	831	7429	708	152
79 503	BARICHARA - VILLANUEVA	28	5736	434	108
79 504	ARATOCA - CURITI - CHIF	108	6973	445	159
79 505	REPETIDORA - CABRERA	2	1392	69	29
79 506	PINCHOTE - ANT SOCORRO	6	1282	117	108
79 507	MOGOTES	18	7568	363	142
79 508	VALLE SAN JOSE NUEVO	36	4273	273	216
79 511	SAN GIL 3	174	4106	420	84

De la tabla anterior se observa que el circuito 79 502 es el que presenta los valores más altos según el tipo de usuario, ya que es un circuito netamente urbano.

⁴⁴ Información suministrada por la ESSA. Tomada del ANEXO A. "HISTÓRICO DE CLIENTES POR CIRCUITO. Hoja: RESUMEN PARA KVA"

Tabla 38.Demanda en [kW-h/día] durante el mes de diciembre del año 2016 ⁴⁵

Circuito	Nombre	Consumo diario por Tipo de cliente - Dic 2016			
		Residencial	Residencial	Comercial [kW-h/día]	Industrial [kW-h/día]
		A [kW-h/día]	B [kW-h/día]		
79 501	SAN GIL 1	2359	5983	19582	1772
79 502	SAN GIL 2	2851	22422	8901	5156
79 503	BARICHARA - VILLANUEVA	91	17560	5162	2729
79 504	ARATOCA - CURITI - CHIF	468	20987	6285	5966
79 505	REPETIDORA - CABRERA	20	3128	1047	1076
79 506	PINCHOTE - ANT SOCORRO	129	4308	3321	4771
79 507	MOGOTES	156	14041	2177	4834
79 508	VALLE SAN JOSE NUEVO	325	11905	2580	4070
79 511	SAN GIL 3	699	12487	5913	1120

De igual forma, la cantidad de usuarios es proporcional al consumo o demanda, como se observa en la tabla 38, el consumo más alto se presenta en el circuito 79 502.

Para determinar el comportamiento de la demanda por tipo de usuario, se emplean las curvas de demanda diaria de la norma técnica de la ESSA [3]. La siguiente es una lista de las figuras tomadas de la norma que servirá para determinar la potencia máxima en cada caso.

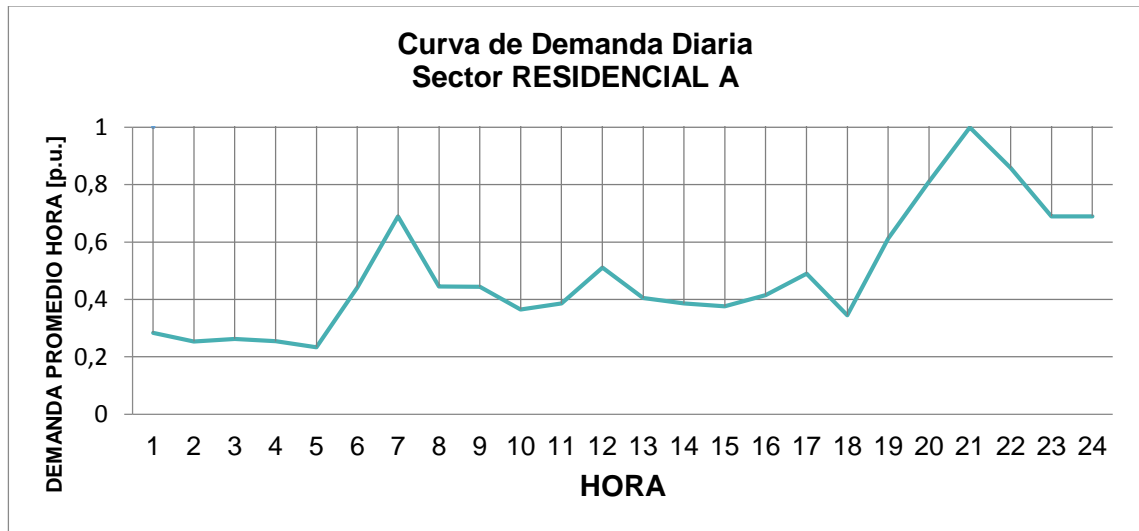
- Curva de demanda diaria (sector residencial, estratos uno y dos)
- Curva de demanda diaria (sector residencial, estrato tres)

⁴⁵ Información suministrada por la ESSA. Tomada del ANEXO A. "HISTÓRICO DE CLIENTES POR CIRCUITO. Hoja: RESUMEN PARA KVA"

- Curva de demanda diaria (sector residencial, estrato cuatro)
- Curva de demanda diaria (sector residencial, estrato cinco)
- Curva de demanda diaria (sector residencial, estrato seis)
- Curva de demanda diaria (sector comercial)

Con el fin de estimar el comportamiento de la demanda del sector residencial A y tomar en consideración las tres curvas (estrato cuatro, cinco y seis), se pondera cada dato en por unidad de las curvas de acuerdo a la cantidad de clientes de cada estrato con respecto al total de clientes del sector. La curva de demanda del sector residencial B se determina de igual forma. Finalmente, se tienen las curvas para el sector residencial A, residencial B y comercial, representadas en las ilustraciones 4, 5 y 6, respectivamente.

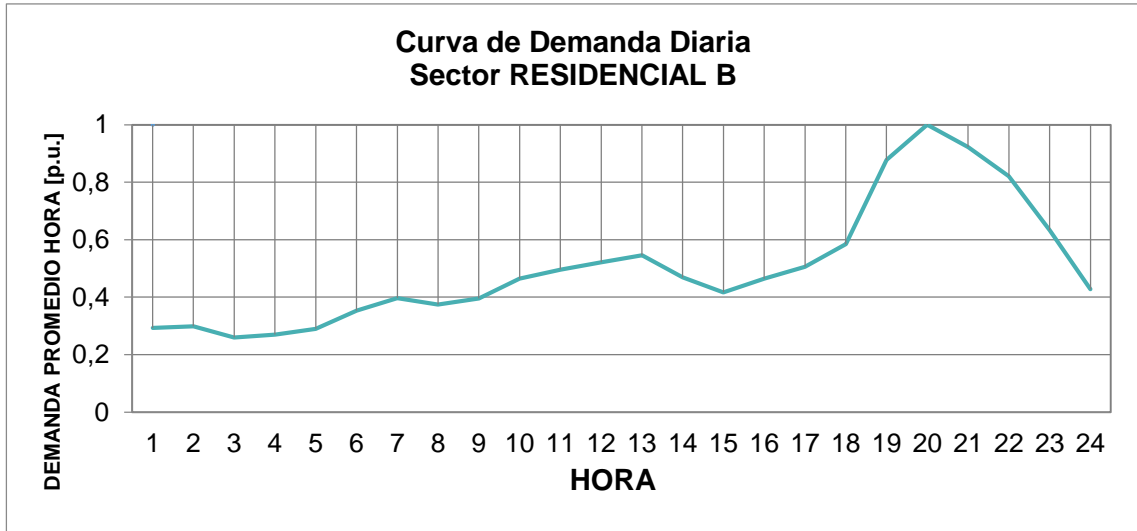
Ilustración 5. Curva de demanda diaria (Sector residencial A) ⁴⁶



De la ilustración anterior, lo más relevante y a destacar, es el pico que presenta la curva de demanda diaria para el sector residencial A de estratos 4, 5 y 6. Cuyo punto máximo ocurre después de las 21:00 horas.

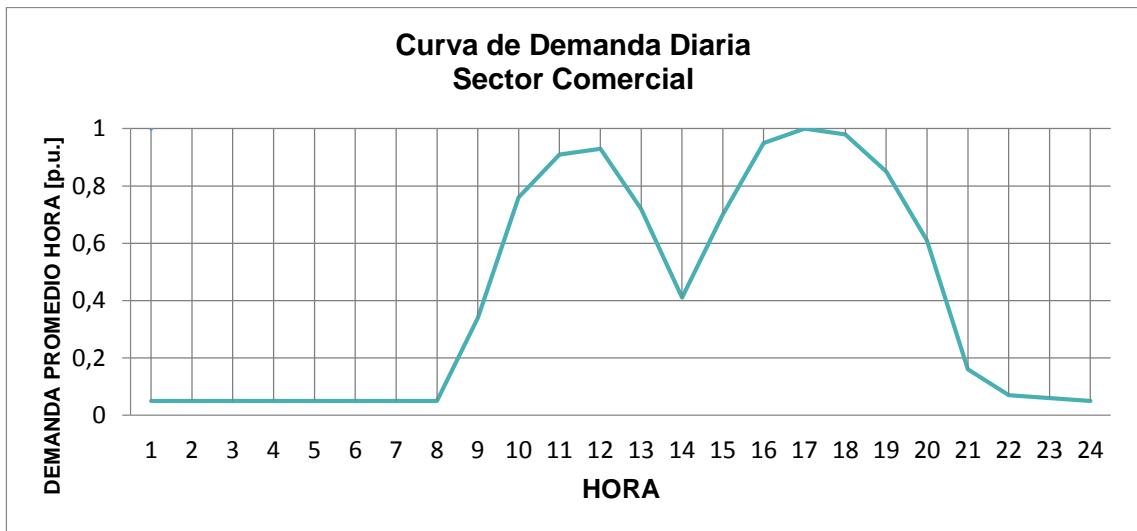
⁴⁶ Información suministrada por la ESSA. ANEXO L. "CURVAS DE DEMANDA ESSA. Hoja: RES A"

Ilustración 6. Curva de demanda diaria (Sector residencial B) ⁴⁷



De igual forma que la Ilustración 5, la curva de demanda diaria para el sector residencial B (estratos 1, 2 y 3) presenta un pico, pero a diferencia que este punto máximo ocurre después de las 20:00 horas.

Ilustración 7. Curva de demanda diaria (Sector comercial) ⁴⁸

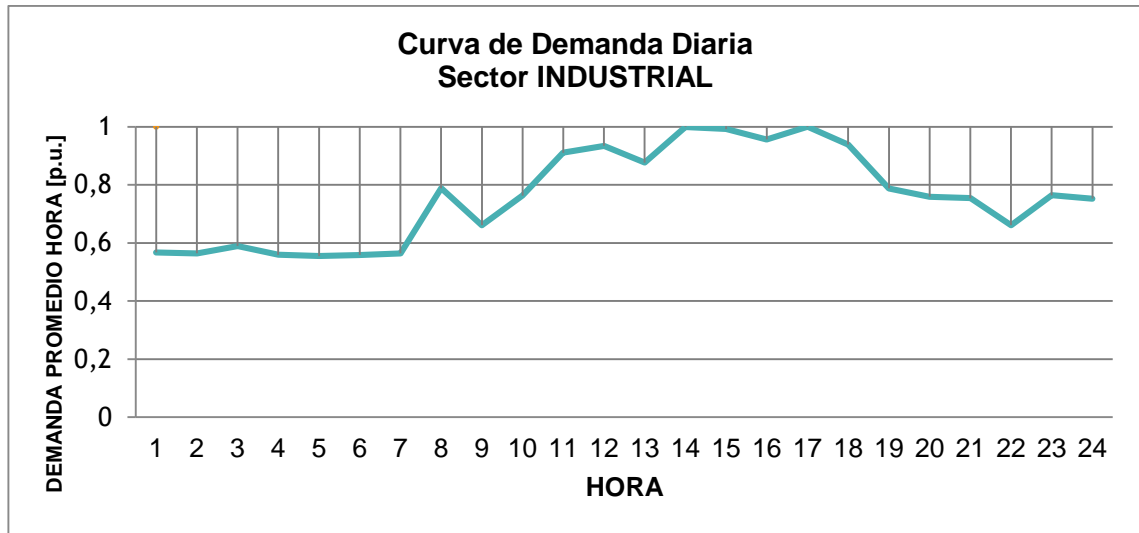


⁴⁷ Información suministrada por la ESSA. ANEXO L. "CURVAS DE DEMANDA ESSA. Hoja: RES B"

⁴⁸ Información suministrada por la ESSA. ANEXO L. "CURVAS DE DEMANDA ESSA. Hoja: Demanda – Comercial"

Por último, la curva de demanda diaria del sector comercial, la cual es, La ilustración anterior, dicha curva presenta un comportamiento con dos picos cerca de las 11:00 y las 17:00, respectivamente. En el caso del sector industrial, la norma de la ESSA no determina un modelo típico para la curva de demanda diaria, ya que esta varía dependiendo del tipo de industria, es decir, de las características del proceso que se lleve a cabo. Sin embargo, la demanda diaria de este tipo de usuario generalmente puede ser de dos tipos: una demanda constante cuya curva corresponde a una línea horizontal prácticamente recta y una demanda de procesos no continuos en cuya curva se evidencia los cambios en el requerimiento de energía durante el día, por lo tanto, este tipo de industria se representa con una curva más irregular. Para estimar una curva modelo para este tipo de usuario, se cuenta con datos de demanda horaria de usuarios industriales típicos en el municipio de San Gil. Estos datos de demanda se obtienen por teledemanda durante el día de máxima potencia del sistema durante el año 2016, el cual corresponde al día 15 de febrero. Dentro de estos usuarios típicos se tiene: Industria Avícola del Fonce, Protabaco, ladrillera Versailles e incubadora del oriente. La curva, que se muestra en la ilustración 7, se obtiene por promedio de los datos de los usuarios mencionados anteriormente.

Ilustración 8. Curva de demanda diaria (Sector Industrial) ⁴⁹



De la ilustración anterior cabe resaltar que el sector industrial es un usuario de consumo cuasi constante, ya que su demanda oscila entre 1 – 0,6 en p.u.

Luego de obtener las curvas de demanda diaria por tipo de usuario, se sigue el siguiente procedimiento para establecer la forma de calcular la potencia máxima diaria de cada tipo de usuario, teniendo en cuenta que la potencia es la relación de cambio de la energía con respecto al tiempo:

$$W = \int P dt \text{ Ecuación 12}$$

$$W = \sum P \Delta t \text{ Ecuación 13}$$

$$W = \sum P_{pu} P_{max} \Delta t \text{ Ecuación 14}$$

$$W = P_{max} \sum P_{pu} \Delta t \text{ Ecuación 15}$$

$$P_{max} = \frac{W}{\sum P_{pu} \Delta t} \text{ Ecuación 16}$$

Donde,

W : Energía o demanda de potencia diaria [kW-h].

P : Potencia [kW].

P_{pu} : Potencia en por unidad.

⁴⁹ Información suministrada por la ESSA. ANEXO M. "DATOS 15 FEBRERO SAN GIL – TELEMEDIDA. Hoja: ANÁLISIS POR UNIDAD"

P_{max} : Potencia máxima [kW].

Δt : Intervalo de tiempo [h].

Es de notar que la expresión $\sum P_{pu}\Delta t$ representa, aproximadamente, el área bajo la curva de demanda diaria, si se considera constante la potencia durante cada hora de día. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 39.

Tabla 39. KVA/Instalación por tipos de usuario ⁵⁰

Circuito	RES_A	RES_B	COM	IND
79 501	0,31	0,25	1,26	0,58
79 502	0,29	0,25	1,27	1,41
79 503	0,28	0,25	1,20	1,05
79 504	0,33	0,25	1,43	1,56
79 505	0,85	0,19	1,53	1,55
79 506	1,85	0,28	2,87	1,84
79 507	0,75	0,15	0,61	1,42
79 508	0,77	0,23	0,95	0,79
79 511	0,34	0,25	1,42	0,56

4.2 DEMANDA DE POTENCIA ADICIONAL

El crecimiento de la demanda de potencia al final de cada uno de los plazos establecidos dentro del horizonte de planeación, es el resultado de multiplicar la distribución de clientes por los kVA/instalación por tipo de usuario. Los resultados se muestran en las siguientes secciones.

⁵⁰ Información suministrada por la ESSA. ANEXO L. "CURVAS DE DEMANDA ESSA. Hoja: kVA x Instalación"

4.2.1 Año 3. El crecimiento de la demanda de potencia en el primer año se muestra en la siguiente tabla 40.

Tabla 40. Crecimiento de la demanda de potencia - Año 3 ⁵¹

Nombre del circuito	Potencia	Potencia	Potencia	Potencia	Demanda de potencia adicional Año 3 [kVA]
	2019 RESA [kVA]	2019 RESB [kVA]	2019 COM. [kVA]	2019 IND. [kVA]	
79 501 SAN GIL 1	29,99	41,23	262,17	7,58	340,97
79 502 SAN GIL 2	40,65	157,01	53,62	24,77	276,05
79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	1,40	158,41	-	-	159,81
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	-	1,52	-	-	1,52
79 511 SAN GIL 3	12,93	148,47	143,79	9,73	314,92

De la tabla anterior se evidencia que los tres circuitos pertenecientes al casco urbano del municipio, el circuito 79 501 es el de mayor demanda al primer periodo del horizonte de planeación.

4.2.2 Año 5. Para el caso del periodo comprendido entre el año 3 y el año 5, el crecimiento de la demanda en los circuitos de la subestación San Gil. Se presentan en la tabla 41.

⁵¹ Tomada del ANEXO E. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 3. Hoja: Distribución TOTAL"

Tabla 41. Crecimiento de la demanda de potencia - Año 5 ⁵²

Nombre del circuito	Potencia 2020 - 2021 RES [kVA]	Potencia 2020 - 2021 COM. [kVA]	Potencia 2020 y 2021 IND. [kVA]	Demanda de potencia adicional Año 5 [kVA]
79 501 SAN GIL 1	23,24	112,96	3,37	139,56
79 502 SAN GIL 2	163,49	31,04	10,32	204,86
79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	41,52	-	-	41,52
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	2,41	-	-	2,41
79 511 SAN GIL 3	154,03	167,49	11,36	332,87

Para este periodo de planeación se mantiene la misma tendencia de los tres circuitos de san gil, pero a diferencia que en este periodo el circuito 79 511 es el que presento mayor demanda.

4.2.3 Año 10. Para el periodo comprendido entre el año 5 y el último año del horizonte de planeación, el circuito 79 504 no presenta crecimiento de la demanda por parte de los usuarios urbanos del municipio de San Gil. Esto se debe al porcentaje de ocupación del territorio luego de la distribución de clientes, el cual llega al 100 %, dejando sin crecimiento al circuito, como se evidencia en la tabla 42.

⁵² Tomada del ANEXO I. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 5. Hoja: Distribución TOTAL"

Tabla 42. Crecimiento de la demanda de potencia - Año 10 ⁵³

Nombre del circuito	Potencia	Potencia	Potencia	Demanda de potencia adicional Año 10 [kVA]
	2022 - 2026 RES	2022 - 2026 COM.	2022 - 2026 IND.	
79 501 SAN GIL 1	50,48	287,27	8,42	346,18
79 502 SAN GIL 2	402,87	77,61	24,77	505,25
79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	-	-	-	-
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	11,56	-	-	11,56
79 511 SAN GIL 3	498,55	425,04	27,58	951,17

En la tabla anterior se presenta un comportamiento similar a la tabla 41, con los tres circuitos creciendo en demanda y con el circuito 79 511 con el de mayor demanda. La información consolidada del crecimiento de la demanda en cada periodo establecido para la aplicación de la metodología, se muestra en la tabla 43.

Tabla 43. Delta de demanda de potencia por parte de los clientes urbanos del municipio de San Gil ⁵⁴

Nombre del circuito	Delta de demanda de potencia [MVA]		
	2019	2021	2026
79 501 SAN GIL 1	0,34	0,14	0,35
79 502 SAN GIL 2	0,28	0,20	0,51
79 503 BARICHARA - VILLANUEVA	-	-	-
79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	0,16	0,04	0,00
79 505 REPETIDORA - CABRERA	-	-	-
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0,00	0,00	0,01

⁵³ Tomada del ANEXO J. "DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES AÑO 10. Hoja: Distribución TOTAL"

⁵⁴ Tomada del ANEXO K. "PROYECCIÓN DE DEMANDA SDL 2017 – 2026. Hoja: Demanda de potencia TOTAL. Hoja: Demanda de potencia TOTAL"

Nombre del circuito	Delta de demanda de potencia [MVA]		
	2019	2021	2026
79 507 MOGOTES	-	-	-
79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	-	-	-
79 511 SAN GIL 3	0,31	0,33	0,95

Sin embargo, para continuar con la obtención del crecimiento de la demanda en cada año dentro del horizonte de planeación, se calcula el crecimiento acumulado. Los resultados se muestran en la tabla 44.

Tabla 44. Delta acumulado de demanda de potencia por parte de los clientes urbanos del municipio de San Gil ⁴⁸

Nombre del circuito	Delta de demanda de potencia [MVA]		
	2019	2021	2026
79 501 SAN GIL 1	0,34	0,48	0,83
79 502 SAN GIL 2	0,28	0,48	0,99
79 503 BARICHARA – VILLANUEVA	-	-	-
79 504 ARATOCA - CURITI – CHIF	0,16	0,20	0,20
79 505 REPETIDORA – CABRERA	-	-	-
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0,00	0,00	0,02
79 507 MOGOTES	-	-	-
79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	-	-	-
79 511 SAN GIL 3	0,31	0,65	1,60

De la anterior tabla se evidencia que el circuito 79 511 denominado San Gil 3, es el que mayor demanda presenta al final del periodo de planeación.

4.3 POTENCIA DE LA PROVINCIA DE GUANENTÁ

Con el objetivo de determinar el total del crecimiento de la demanda de potencia en cada uno de los circuitos de la subestación eléctrica San Gol, se realiza la proyección de aquellos usuarios que no fueron incluidos en la distribución de clientes. Para realizar la proyección, se emplea la herramienta implementada con las formulaciones de la metodología Holt-Winters y se alimenta con el histórico de los usuarios por circuito. El ajuste de esta proyección, al igual que la proyección global de clientes, se realiza por medio del ajuste del mínimo error cuadrático. Además, se tiene en cuenta el criterio de EPM en cuanto al ajuste de la curva en medio de la gráfica de la proyección lineal y exponencial.

De esta manera, se obtiene el crecimiento vegetativo, debido a los clientes de otros municipios, en los circuitos de la subestación eléctrica 79 San Gil. Una vez proyectado los clientes por circuito y por tipo de usuario, se multiplica los resultados de la proyección por los kVA/instalación obtenidos en la sección anterior. La suma de las demandas de potencia por tipo de usuario en cada circuito, permite evidenciar el crecimiento de la demanda en el SDL por parte de los demás municipios de la provincia de Guanentá. Los resultados del crecimiento de la demanda, en cada uno de los plazos establecidos, se muestran en la tabla 45.

Tabla 45. Delta de demanda de potencia por parte de los demás municipios de la provincia de Guanentá ⁵⁵

Nombre del circuito	Delta de demanda de potencia [MVA]		
	2019	2021	2026
79 501 SAN GIL 1	-	-	-
79 502 SAN GIL 2	-	-	-
79 503 BARICHARA – VILLANUEVA	0,43	0,28	0,71

⁵⁵ Tomada del ANEXO K. “PROYECCIÓN DE DEMANDA SDL 2017 – 2026. Hoja: Demanda de potencia TOTAL. Hoja: Demanda de potencia TOTAL”

Nombre del circuito	Delta de demanda de potencia [MVA]		
	2019	2021	2026
79 504 ARATOCA - CURITI – CHIF	0,66	0,44	1,11
79 505 REPETIDORA - CABRERA	0,04	0,03	0,08
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0,36	0,24	0,60
79 507 MOGOTES	0,20	0,14	0,34
79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	0,21	0,14	0,34
79 511 SAN GIL 3	-	-	-

El delta acumulado de la demanda de potencia de los demás municipios de la provincia de Guantán, permite realizar la posterior adición al crecimiento establecido para la zona urbana del municipio de San Gil, con el fin de obtener el crecimiento vegetativo total de los circuitos del SDL. Los resultados del crecimiento acumulado de los demás municipios se muestran en la tabla 46.

Tabla 46. Delta acumulado de demanda de potencia por parte de los demás municipios de la provincia de Guantán⁵⁶

Nombre del circuito	Delta de demanda de potencia [MVA]		
	2019	2021	2026
79 501 SAN GIL 1	-	-	-
79 502 SAN GIL 2	-	-	-
79 503 BARICHARA - VILLANUEVA	0,43	0,71	1,43
79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	0,66	1,11	2,21
79 505 REPETIDORA - CABRERA	0,04	0,08	0,15
79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0,36	0,59	1,19
79 507 MOGOTES	0,20	0,34	0,67

⁵⁶ Información tomada del ANEXO “PROYECCIÓN DE DEMANDA SDL 2017 – 2026. Hoja: Demanda de potencia TOTAL. Hoja: Demanda de potencia TOTAL”

Nombre del circuito	Delta de demanda de potencia [MVA]		
	2019	2021	2026
79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	0,21	0,34	0,68
79 511 SAN GIL 3	-	-	-

Los circuitos no pertenecientes al casco urbano del municipio de San Gil, presentan un crecimiento constante durante el periodo de planeación, destacándose el circuito 79 504 con la mayor demanda obtenida.

5. PROYECCIÓN SDL NIVEL DE TENSIÓN II SAN GIL 2017 - 2026

En este capítulo se calcula la demanda de potencia en cada uno de los años dentro del horizonte de planeación. La información base para este procedimiento es la Tasa Anual Constante de Crecimiento teniendo en cuenta la demanda de potencia acumulada al finalizar cada uno de los tres plazos establecidos para el presente estudio.

5.1 CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE POTENCIA.

El crecimiento de los clientes en cada uno de los plazos dentro del horizonte de planeación representa un aumento en la demanda que atiende cada circuito. Ese crecimiento de demanda, es el resultado del producto de los clientes distribuidos por circuito por los kVA/instalación calculados en la sección 5.1. Del presente trabajo. Además de los clientes distribuidos por la metodología PED, se adicionan los obtenidos por la proyección de los clientes que no pertenecen a la zona de análisis, es decir, a los demás municipios de la provincia de Guantánamo. Los resultados de los cálculos se muestran en la tabla 47.

Tabla 47. Crecimiento de la demanda de potencia al final de cada plazo dentro del horizonte de planeación.⁵⁷

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	2019 [MVA]	2021 [MVA]	2026 [MVA]
79 501	79 501 SAN GIL 1	2,94	3,08	3,43
79 502	79 502 SAN GIL 2	3,39	3,59	4,10
79 503	79 503 BARICHARA - VILLANUEVA	2,13	2,42	3,13
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI –	2,89	3,37	4,48

⁵⁷ Tomado del ANEXO K. "PROYECCIÓN DE DEMANDA SDL SAN GIL 2017 – 2026. Hoja: Demanda de potencia TOTAL"

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	2019 [MVA]	2021 [MVA]	2026 [MVA]
	CHIF			
79 505	79 505 REPETIDORA - CABRERA	0,39	0,42	0,50
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0,99	1,23	1,84
79 507	79 507 MOGOTES	2,00	2,13	2,47
79 508	79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	2,00	2,13	2,48
79 511	79 511 SAN GIL 3	2,28	2,61	3,56

De la tabla anterior se observa que el circuito 79 502 presenta un crecimiento mayor en potencia en comparación con los circuitos 79 501 y 79 511, es decir, de aquellos circuitos netamente urbanos. Por otra parte, el circuito 79 505 es el de menor crecimiento al final del periodo del horizonte de planeación.

5.2 DEMANDA MÁXIMA DE POTENCIA.

Hasta este momento se cuenta con el crecimiento acumulado en cada plazo de tiempo establecido para el estudio, sin embargo, el objetivo es obtener las proyecciones de demanda en todo el horizonte de planeación. Para lo cual, se debe establecer en primer lugar, la demanda actual que atiende el circuito.

En este caso, se decide tomar el escenario de máxima demanda que atiende el circuito. Por lo tanto, se tiene en cuenta el criterio del día de máxima demanda, lo cual permite tomar el valor de demanda atendida por cada circuito. El día 15 de febrero del 2016 a las 19:00 horas, ya que es el día en que se presenta la máxima demanda en todo el sistema de la ESSA. Este es un criterio ampliamente utilizado en estrategias de planeación por la ESSA ya que representa el momento de máximo estrés durante el año para el sistema eléctrico. Los resultados de la consulta de

dichos datos, con base en el registro de medidas del SCADA, se muestran en la tabla 48.

Tabla 48. Demanda máxima de potencia - año 2016. ⁵⁸

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	2016 [MVA]
79 501	79 501 SAN GIL 1	2,60
79 502	79 502 SAN GIL 2	3,11
79 503	79 503 BARICHARA - VILLANUEVA	1,71
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF	2,06
79 505	79 505 REPETIDORA - CABRERA	0,34
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	0,63
79 507	79 507 MOGOTES	1,80
79 508	79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	1,79
79 511	79 511 SAN GIL 3	1,97

Como se presenta en la anterior tabla, el circuito 79 502 de la subestación San Gil presenta el mayor consumo de potencia en el año 2016. Por otro lado, el de menor demanda presentado fue el circuito 79 505.

5.3 TASA ANUAL DE CRECIMIENTO CONSTANTE - TACC.

Partiendo de la demanda de potencia máxima atendida durante el año 2016, se adicionan el crecimiento o delta acumulado de demanda de los años finales de cada

⁵⁸ Tomado del ANEXO K. "PROYECCIÓN DE DEMANDA SDL SAN GIL 2017 – 2026. Hoja: Datos de entrada"

pazo de tiempo, para obtener así la demanda total que debe atender en cada uno de estos años. Luego, con el fin de obtener la proyección total en cada año dentro del horizonte e planeación, se calcula la Tasa Anual de Crecimiento Constante (TACC). La fórmula para calcular este dato se muestra en la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{V_{t_n}}{V_{t_0}}\right)^{\frac{1}{t_n-t_0}} - 1 \text{ Ecuación 17.}$$

Donde:

V_{t_0} : Valor inicial.

V_{t_n} : Valor final.

$t_n - t_0$: Número de años.

Los TACC obtenidos, teniendo en cuenta el crecimiento neto de demanda en cada uno de los plazos establecidos dentro del horizonte de planeación, se muestran en la tabla 49.

Tabla 49. Tasa anual de crecimiento constante - TACC. ⁵⁹

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	TACC 2016 - 2019	TACC 2019 - 2021	TACC 2021 - 2026
79 501	79 501 SAN GIL 1	4,19%	2,34%	2,15%
79 502	79 502 SAN GIL 2	2,87%	2,98%	2,67%
79 503	79 503 BARICHARA – VILLANUEVA	7,74%	6,47%	5,30%
79 504	79 504 ARATOCA - CURITI – CHIF	11,85%	8,06%	5,84%
79 505	79 505 REPETIDORA – CABRERA	4,12%	3,97%	3,47%
79 506	79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO	16,11%	11,38%	8,33%

⁵⁹ Tomado del ANEXO K. "PROYECCIÓN DE DEMANDA SDL SAN GIL 2017 – 2026. Hoja: Proyección de demanda TOTAL"

Circuito 13.8 kV	Nombre del circuito	TACC 2016 - 2019	TACC 2019 - 2021	TACC 2021 - 2026
79 507	79 507 MOGOTES	3,63%	3,33%	2,97%
79 508	79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO	3,68%	3,37%	3,02%
79 511	79 511 SAN GIL 3	5,08%	7,05%	6,41%

De acuerdo con la tabla anterior el circuito que presenta el mayor TACC es el 79 506, con un 16,11%, durante el primer periodo de planeación 2016 – 2019, esto significa que presenta el delta mayor de crecimiento de demanda como resultado de la distribución de clientes.

5.4 PROYECCIÓN DE DEMANDA DE POTENCIA (2017 – 2026)

Una vez establecidos los TACC para los años 3, 5 y 10, se calcula la demanda de potencia para el primer y segundo año con base en el TACC del año 3, luego para el cuarto año con el TACC del año 5 y finalmente, para los años sexto, séptimo, octavo y noveno, con base al TACC del año 10. Los resultados de la proyección se muestran en la tabla 50.

Tabla 50. Proyección de demanda de potencia (2017-2026) ⁶⁰

Circuito 13.8 kV	2016 [MVA]	2017 [MVA]	2018 [MVA]	2019 [MVA]	2020 [MVA]	2021 [MVA]	2022 [MVA]	2023 [MVA]	2024 [MVA]	2025 [MVA]	2026 [MVA]	TACC 2026
79 501	2,60	2,70	2,82	2,94	3,01	3,08	3,14	3,21	3,28	3,36	3,43	2,80%
79 502	3,11	3,20	3,29	3,39	3,49	3,59	3,68	3,78	3,88	3,99	4,10	2,79%
79 503	1,71	1,82	1,97	2,13	2,26	2,42	2,52	2,66	2,81	2,96	3,13	6,26%
79 504	2,06	2,24	2,55	2,89	3,10	3,37	3,52	3,74	3,97	4,22	4,48	8,06%
79 505	0,34	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,50	3,76%
79 506	0,63	0,70	0,83	0,99	1,09	1,23	1,30	1,42	1,55	1,69	1,84	11,23%

⁶⁰ Tomado del ANEXO K. "PROYECCIÓN DE DEMANDA SDL SAN GIL 2017 – 2026. Hoja: Proyección de demanda TOTAL"

Circuito	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	TACC
13.8 kV	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	[MVA]	2026
79 507	1,80	1,86	1,93	2,00	2,06	2,13	2,19	2,26	2,33	2,40	2,47	3,24%
79 508	1,79	1,85	1,92	2,00	2,06	2,13	2,19	2,26	2,33	2,40	2,48	3,28%
79 511	1,97	2,05	2,16	2,28	2,43	2,61	2,74	2,92	3,12	3,34	3,56	6,13%

En la tabla anterior el circuito 79 506 es el circuito con el TACC más alto en comparación con los 9 circuitos de la subestación San Gil, esto quiere decir que presenta el delta más alto entre el último periodo de planeación y el año inicial de la proyección.

6. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados de la simulación realizada en el software Digsilent, teniendo en cuenta la proyección de demanda obtenida. Posteriormente, se realiza el análisis de los resultados con el fin de elaborar el planteamiento de las obras como solución a los problemas de perfiles de tensión por debajo de 0.9 en P.U. y sobrecarga en los circuitos.

6.1 SIMULACIÓN EN DIGSILENT

Con el fin de determinar el impacto de la proyección de demanda de potencia, se realizan simulaciones en la base de datos en nivel de tensión II del sistema eléctrico de la ESSA, empleando el software Digsilent. Esta base de datos, contiene las características de la infraestructura del SDL del municipio de San Gil, sin embargo, se encuentra aislada y no es alimentada por el sistema a nivel de tensión III.

Por lo tanto, el procedimiento de la simulación inicia con el ajuste del alimentador de cada circuito para que suministre la demanda proyectada en cada año dentro del horizonte de planeación. Luego, se ajusta la tensión en la barra de tal forma que se mantenga constante e igual a uno. Adicionalmente, se simulan las cargas puntuales en cada uno de los apoyos donde se estima su puesta en servicio.

Es importante resaltar que el estudio se realiza con flujos de cargas para la combinación de generación mínima y máxima demanda. Además, no se consideran las pérdidas en el sistema, ya que el alimentador entrega únicamente la demanda requerida por la proyección.

El desarrollo de este capítulo consta principalmente de la base de datos suministrada por la ESSA. Dicha información son los circuitos que hacen parte del SDL de San Gil. Estos circuitos están georeferenciados y se encuentran en el

simulador DigSilent, software utilizado para simular flujos de potencia, además se puede obtener perfiles de tensión y cargabilidad en todos los activos del SDL a nivel de 13,2 kV.

6.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

A partir del estudio de flujo de carga realizado en la simulación, los criterios para identificar problemáticas en los circuitos, son principalmente dos: cargabilidad en tramos por encima del 90% y perfiles de tensión por debajo de 0.9 en p.u. Estos criterios se evalúan en los resultados de la simulación de la proyección del último año del horizonte de planeación.

6.2.1 Perfiles de tensión. Los circuitos que no presentan inconvenientes en perfiles de tensión, es decir, los valores de tensión en sus diferentes apoyos varían entre 1 y de 0.9 en pu, son los siguientes:

- 79 501 SAN GIL 1
- 79 502 SAN GIL 2
- 79 505 REPETIDORA - CABRERA
- 79 506 PINCHOTE - ANT SOCORRO

Los perfiles de tensión de estos circuitos se muestran en las siguientes cuatro ilustraciones. (Ilustración 9, 10, 11 y 12) en el eje de las ordenadas esta la tensión en por unidad y el eje de las abscisas la distancia en km de la cabecera del circuito.

Las siguientes ilustraciones son tomadas del software DigSilent, simulador de flujos de potencia. Ilustraciones que permite identificar que circuitos presentan inconvenientes por tensión.

Ilustración 11. Perfil de tensión del circuito 79 505

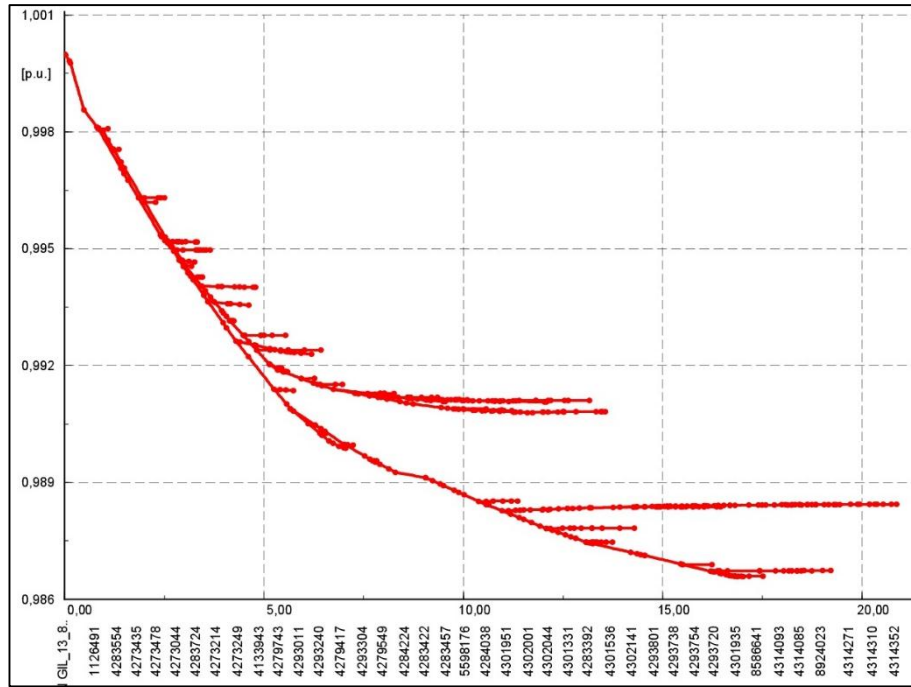
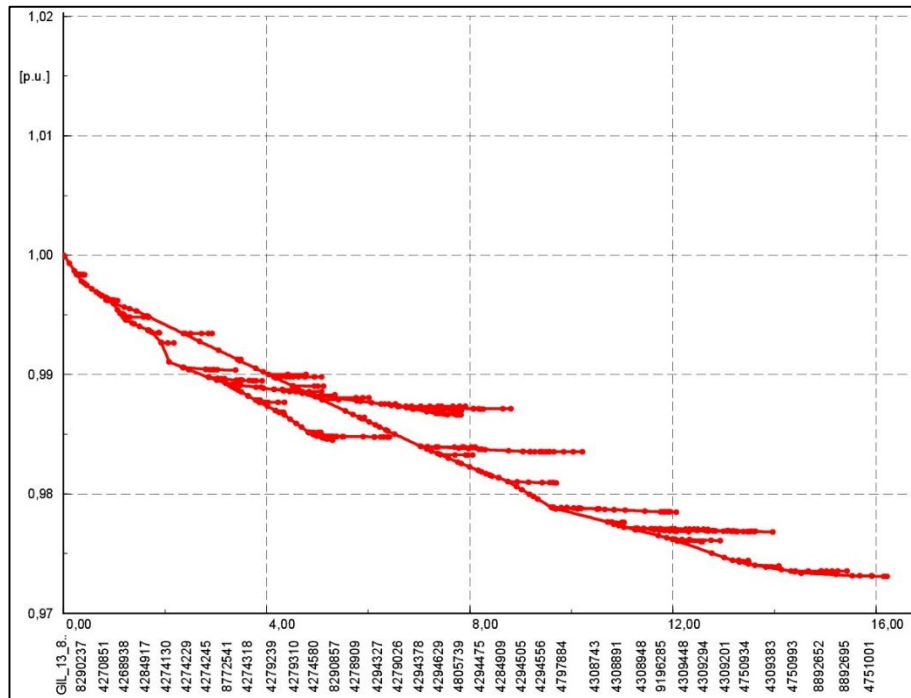


Ilustración 12. Perfil de tensión del circuito 79 506

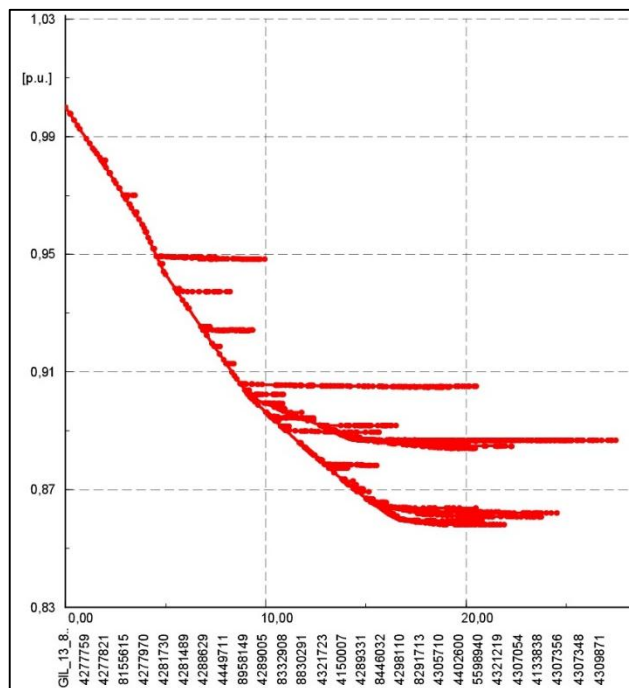


De las anteriores ilustraciones se observa que el software de simulación ajusta la tensión en la cabecera del circuito en 1 p.u., y a medida que los apoyos se alejan de la misma, desciende la tensión no por debajo de 0.95 en todos los casos. Por lo tanto, no se consideran intervenciones en estos circuitos dentro del plan de obras a elaborar. Sin embargo, para los circuitos restantes de la subestación San Gil, se evidencian perfiles de tensiones por debajo de 0.9 en pu, los cuales son:

- 79 503 BARICHARA - VILLANUEVA
- 79 504 ARATOCA - CURITI - CHIF
- 79 507 MOGOTES
- 79 508 VALLE SAN JOSE NUEVO
- 79 511 SAN GIL 3

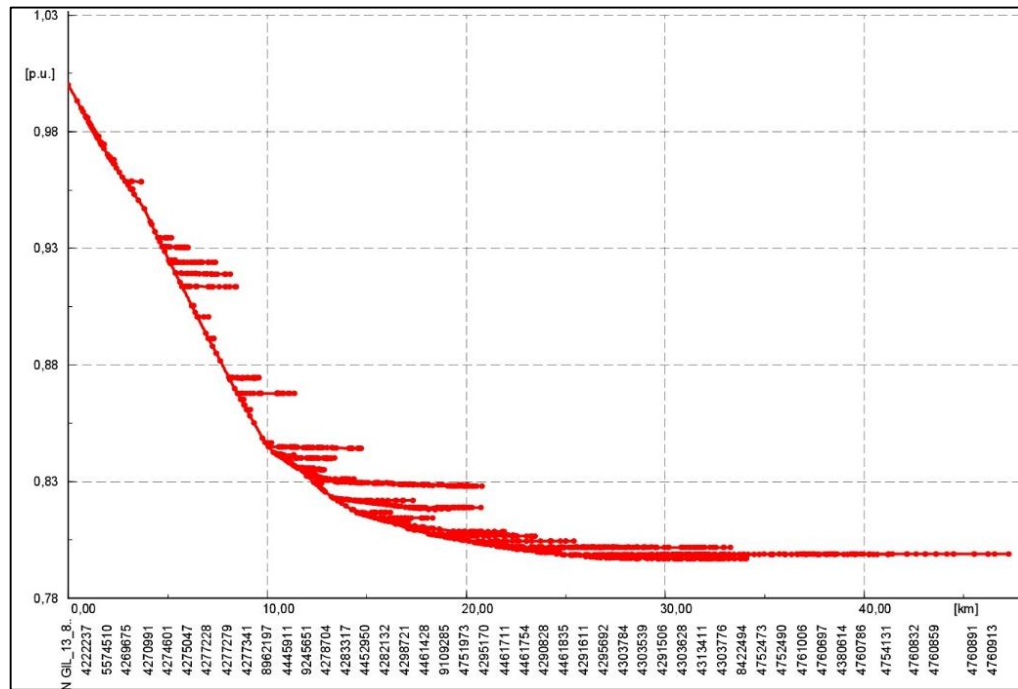
Los perfiles de tensión de los circuitos listados anteriormente se presentan en las siguientes cinco ilustraciones.

Ilustración 13. Perfil de tensión del circuito 79 503



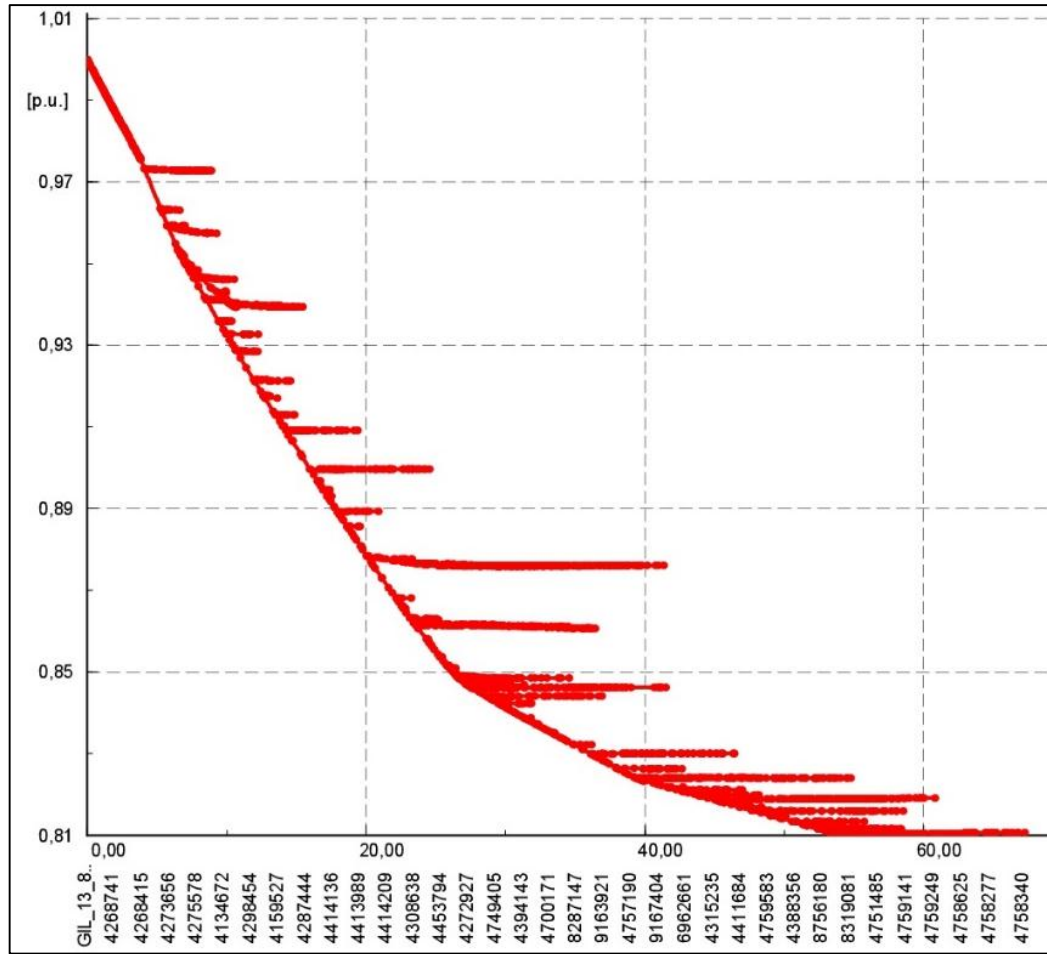
De la ilustración anterior se observa que la tensión cae por debajo de 0.9 en pu después del kilómetro 8 de la longitud del circuito 79 503.

Ilustración 13. Perfil de tensión del circuito 79 504



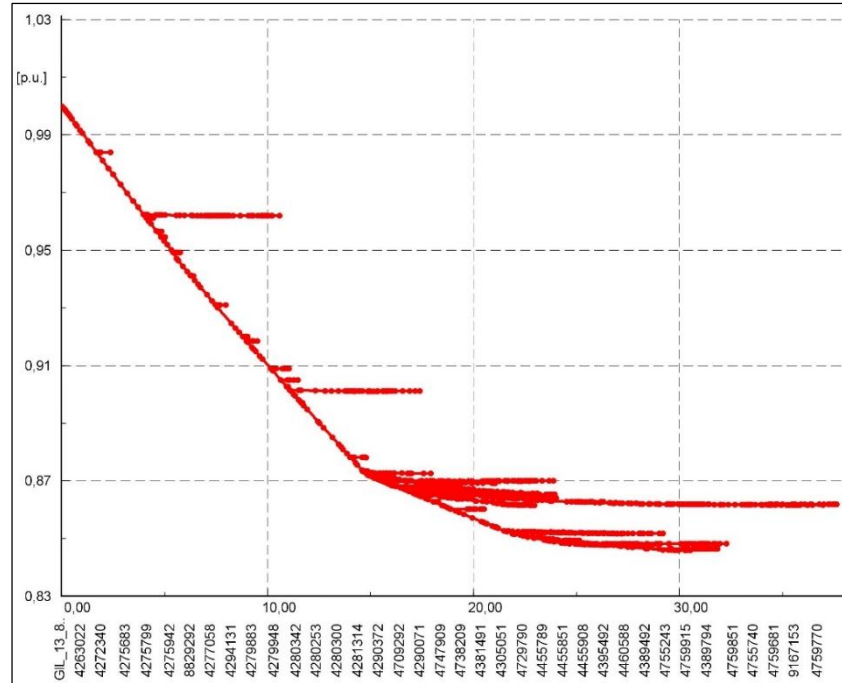
De la anterior ilustración se observa que la tensión es de 0,88 en pu cerca del poste 4277279 y a partir de ese apoyo la tensión sigue disminuyendo hasta llegar a 0,78 pu.

Ilustración 14. Perfil de tensión del circuito 79 507



El anterior perfil de tensión no cumple a partir del kilómetro 18, la tensión cae a 0.89 pu. Siendo un circuito con una longitud de 60 km y comenzar a fallar en la tercera parte de su longitud, lo cual indica que debe ser intervenido lo más pronto posible.

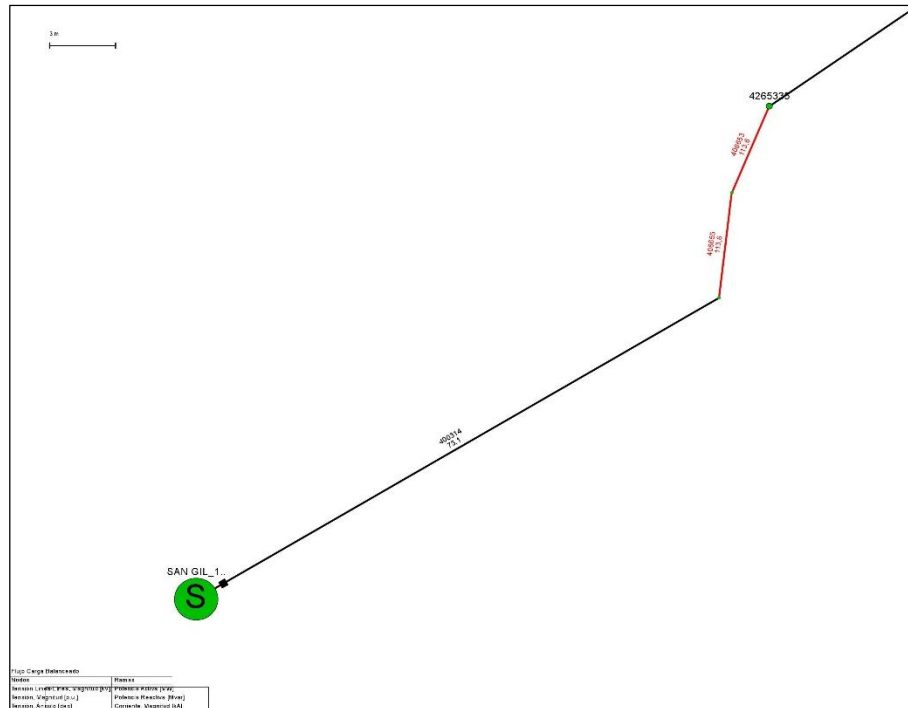
Ilustración 15. Perfil de tensión del circuito 79 508



En el kilómetro 10 de la longitud del circuito 79 508 la tensión llega al límite permitido de 0.9 pu, a partir de allí el circuito no cumple por regulación de tensión y continúa descendiendo hasta llegar a una tensión de 0.85.

6.2.2 Cargabilidad. En cuanto al segundo criterio de evaluación, el único circuito que presenta cargabilidad por encima del 80%, es el 79 502 San Gil 2. Los tramos identificados con los códigos 406655 y 406653 presenta una cargabilidad del 113.6% en el último año del horizonte de planeación. Estos dos tramos son subterráneos y corresponden a cable tipo 3F XLPE 15kV, con un total de 2,4 km de longitud. Los tramos se encuentran cerca de la subestación eléctrica y se localizan tal como se muestra en la Ilustración 16.

Ilustración 16. Tramos 406655 y 406653 del circuito 79 502



A partir del año 2018 la cargabilidad de estos dos tramos es del 90.7% y al finalizar el año actual 2017 la cargabilidad es de 88,2%.

6.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Luego de identificar las problemáticas en los circuitos del SDL objeto de estudio, se proponen y evalúan alternativas de solución. Entre las opciones para solucionar los inadecuados perfiles de tensión y valores de cargabilidad, se encuentran los siguientes:

- Compensaciones capacitivas
- Traslado de cargas
- Repotenciación de tramos con mayor cargabilidad
- Ingresar nuevos activos al sistema

Se decide simular las opciones de compensaciones capacitivas y repotenciación del tramo principal del circuito como solución para ajustar los perfiles de tensión entre los valores 1.1 y 0.9 en pu. Con el fin de evaluar las alternativas, se calcula el costo de la inversión de las obras teniendo en cuenta la CREG 097 de 1995. Los resultados se muestran en la tabla 51.

Tabla 51. Propuesta de obras para mejorar los perfiles de tensión

Circuito	Descripción general de la propuesta	Costos de inversión [\$COP]
79 503	Repotenciar 9,2 km de tramo principal del circuito	\$ 481.470.339
79 503	Compensación capacitiva de 1,5 MVAR nominal	\$ 85.563.347
79 504	Repotenciar 14,5 km de tramo principal del circuito	\$ 774.417.869
79 507	Repotenciar 26,6 km del tramo principal del circuito	\$
	Compensación capacitiva de 1,8 MVAR nominal	1.431.295.502
79 507	Compensación capacitiva de 1,8 MVAR nominal	\$ 93.987.336
79 508	Repotenciar 14,6 km de tramo principal del circuito	\$ 758.875.711
79 508	Compensación capacitiva de 1,5 MVAR nominal	\$ 85.563.347

Para el único caso de cargabilidad superior al 80%, la mejor alternativa es repotenciar los dos tramos subterráneos

6.4 PLAN DE OBRAS

Finalmente, se establece el plan de obras recomendadas para un horizonte de planeación de diez años, en el SDL del municipio de san Gil.

Tabla 52. Plan de obras recomendada para el SDL del municipio de San Gil

Obras recomendadas	Año de entrada	Costos de inversión [\$MCOP]
Nueva compensación capacitiva a nivel de tensión 13.8 y capacidad nominal de 0,9 MVAR, en el apoyo 4288971 del circuito 79 503.	2020	\$ 85.563.347
Nueva compensación capacitiva a nivel de tensión 13.8 y capacidad nominal de 0,6 MVAR, en el apoyo 4329490 del circuito 79 503.		
Repotenciación de los tramos a 13,8 kV 14,5 Km, ACSR 4/0 desde la salida de la S/E hasta el apoyo 4287631.	2017	\$ 774.417.869
Nueva compensación capacitiva a nivel de tensión 13.8 y capacidad nominal de 0,9 MVAR, en el apoyo 4291956 del circuito 79 507.	2017	\$ 93.987.336
Nueva compensación capacitiva a nivel de tensión 13.8 y capacidad nominal de 0,9 MVAR, en el apoyo 4308093 del circuito 79 507.		
Nueva compensación capacitiva a nivel de tensión 13.8 y capacidad nominal de 0,9 MVAR, en el apoyo 4289803 del circuito 79 508.	2017	\$ 85.563.347
Nueva compensación capacitiva a nivel de tensión 13.8 y capacidad nominal de 0,6 MVAR, en el apoyo 4381424 del circuito 79 508.		
Repotenciación de los tramos 406655 y 406653 del circuito 79 502 a 13,8 kV 14,5 Km, XLPE 15 kV 4/0.	2018	\$ 4.191.409

7. CONCLUSIONES

Este trabajo se desarrolló bajo la modalidad de práctica empresarial en la empresa Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., con el objetivo principal de realizar el estudio de la Proyección Espacial de la Demanda (PED) de energía eléctrica para el Sistema de Distribución Local (SDL) del municipio de San Gil en un horizonte de planeación de diez años comprendido entre 2017- 2025.

Acorde con el objetivo principal planteado, se realizó el diagnóstico del SDL que atiende la demanda del municipio de San Gil a nivel de tensión II y a partir de dicho diagnóstico se realizó el plan de obras recomendadas para dar solución a los problemas detectados sobre la cargabilidad y regulación de tensión, acorde con los criterios de planeación establecidos en la ESSA.

El criterio de regulación de tensión en los tramos de los circuitos aplicados al estudio son los establecidos en la resolución CREG 025 del 1995, el cual determina una caída de tensión máximo en pu de 0.9 tomando como referencia la cabecera del circuito. Para la cargabilidad, se toma como base el criterio de planeación de la infraestructura aplicados por el Operador de Red, el cual establece un máximo permitido del 90% de cargabilidad en cualquier tramo de un circuito.

Para la valoración del plan de obras, se aplican la metodología de Unidades Constructivas establecida en la resolución CREG 097 de 2008, con el fin de estimar la inversión en precios constantes.

Sobre el trabajo desarrollado, se resaltan los siguientes puntos:

- De acuerdo a la metodología PED, la principal fuente de información para cuantificar el potencial de nuevas viviendas es el PBOT vigente del municipio, el cual fue adoptado en el año 2003, por lo tanto existe un sesgo de la realidad, ya que

el PBOT tiene más de 14 años de existencia por tal motivo el potencial de viviendas tiene cierta incertidumbre de lo que se espera en el potencial futuro de San Gil. No obstante, se complementó la información disponible, usando la información aportada por la herramienta en línea Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

- Al utilizar la técnica de suavizamiento exponencial doble (Holt-Winters), el principal inconveniente es el ajuste de los dos parámetros de suavizamiento doble (alpha y betta), los cuales deben tener un valor entre (0 – 1) de tal manera existen muchas combinaciones para alpha y betta que cumplan con el criterio de suavizamiento doble (. Lo mencionado anteriormente se solucionó con el criterio de CME (Error Medio Cuadrático) que obtiene la pareja de alpha y betta que menor error presenta, utilizando el complemento Excel “Solve”. Dicha herramienta optimiza la ecuación CME para minimizar el error y de acuerdo a esto se ajusta alpha y betta.

- Teniendo en cuenta la ausencia de información en la base de datos de CAMACOL acerca proyectos urbanísticos en el municipio de San Gil, se realizaron visitas en sitio con el fin de obtener la información necesaria para la aplicación de la metodología PED.

- En las proyecciones de clientes, se despreció el crecimiento por redensificación, debido a que San Gil aun cuenta con terreno para construcciones nuevas como lo especifica el PBOT.

- Debido que la norma técnica de la ESSA no suministra la curva de demanda típica para el sector industrial, se tuvo en cuenta la demanda teled medida de usuarios industriales del municipio durante el día de máxima potencia del sistema, para la elaboración de la curva típica necesaria para establecer el consumo de demanda.

- Los resultados obtenidos en la Proyección de potencia al final del horizonte de planeación, son los esperados acorde con el histórico de demanda del SDL del municipio de San Gil.
- El análisis en el nivel de tensión III no se lleva a cabo, ya que la ESSA no dispone de la base de datos en DigSilent para realizar las simulaciones pertinentes del estudio.

7.1 APORTES Y SUGERENCIAS.

El principal aporte del presente trabajo se encuentra en el diagnóstico de los problemas futuros de cargabilidad y regulación de tensión por fuera de los rangos establecidos.

Alguno de las sugerencias para proyectos futuros con base en la metodología PED, son:

- Emplear un software estadístico para el óptimo ajuste de los parámetros de suavizamiento exponencial doble.
- Adquirir los permisos necesarios del aplicativo SAC (Sistema de Administración de Clientes) para la disponibilidad de la información histórica por circuito necesaria para la aplicación de la metodología PED
- Disponer por parte de la escuela de Ingenieras Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicación la licencia del simulador DigSilent para uso académico.

8. REFERENCIAS

[1] Alcaldía de San Gil, Acuerdo 038 del 2003, Por medio del cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) para el municipio de San Gil.

[2] Alcaldía de San Gil, «Sitio oficial de la Alcaldía de San Gil,» 05 enero 2002. [En línea]. Disponible en: <http://www.sangi.gov.co/> [Último acceso: 06 octubre 2016].

[3] ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. 2005.

[4] ESSA. Documento general proyección espacial de la demanda de potencia del área metropolitana de Bucaramanga – SDL de ESSA 2013 – 2028, Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín, 7 de octubre 2013.

[5] Guía general de proyectos, San Gil – Colombia, Disponible en: <http://www.skyscrapercity.com>, [Último acceso: 30 de Enero 2017].

[6] “Prestación de servicio de consultoría para la definición y aplicación de una metodología para la elaboración del estudio de planeamiento del sistema de distribución local del área metropolitana de Manizales, atendida por la CHEC S.A. E.S.P.”

[7] SWEENEY WILLAMS, Anderson. Estadística para negocios y economía, Anderson. Cengage Learning. 11ª Edición.

[8] «Vanguardia Liberal» “El dinamismo y crecimiento en San Gil no van a parar” 10 enero 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/informe-construccion/dinamismo-y-crecimiento/3877-el-dinamismo-y-crecimiento-en-san-gil-no-van-a-parar/> [Último acceso: 15 enero 2017].

9. BIBLIOGRAFÍA

«El Espectador» “San Gil, una ciudad pensada para el futuro” 17 diciembre 2015. [En línea]. Disponible en://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/san-gil-una-ciudad-pensada-el-futuro-articulo-524952//[Último acceso: 10 enero 2017.

«Findeter» “Plan de acción San Gil Findeter” 29 octubre 2014. [En línea]. Disponible en://https://issuu.com/findetersa/docs/plan_de_accion_san_gil/40//[Último acceso: 10 enero 2017.

«wikipedia» “San Gil (Santander)” [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/San_Gil_(Santander)//[Último acceso: 10 enero 2017.

ARIZA RAMIREZ, Adriana Marcela, “Métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución”

GARRIDO PUERTO, Alejandro, “Modelo de previsión geográfico y temporal de la demanda eléctrica”, de *escuela técnica superior de ingeniería*, Madrid, junio 2011.

GUITIERRES MOYA, Ester, “La predicción de la demanda de energía eléctrica” en *Ingeniería de Organización: Modelos y Aplicaciones*, 1st ed, España, 2008, pp. 305-356.

MURILLO, Joaquín, TREJOS, Álvaro, CARVAJAR OLAYA, Patricia, “*Estudio del pronóstico de la demanda de energía eléctrica, utilizando modelos de series de tiempo*”. Scientia at technica Año IX, No 23, diciembre 2003.

PÉREZ SOLORZANO, León Paulino, “Apuntes metodológicos acerca de las proyecciones del mercado de energía eléctrica – caso ENALUF” en “*ciencias económicas.*” pp. 86-90.

TABARES MUÑOZ, José Fernando, VELASQUEZ GÁLVIS, Carlos Andrés, VALENCIA CÁRDENAS, Marisol “*Comparación de técnicas estadísticas de pronóstico para la demanda de energía eléctrica*”. Revista Ingeniería Industrial, 2014, No 1, pp. 19-31.

ZAMORA MACHUCA, Jaime Alfredo, PIEDRA LAZO, Fernando Patricio. “Proyección espacial de la demanda del Cantón Cuenca, provincia del Azuay perteneciente al centro sur C.A. mediante la ayuda de las herramientas del CYMSIST, GIS y estadísticos”