



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE ELECTRICIDAD

**PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE
DISTRIBUCIÓN ALIMENTADOR 223 DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: ALEXIS MARCELO ULLOA NARVÁEZ
PABLO ESTEBAN VAZQUEZ FLORES
TUTOR: ING. JORGE LUIS ROJAS ESPINOZA, Mgtr.

Cuenca - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Alexis Marcelo Ulloa Narvárez con documento de identificación N° 0302695432 y Pablo Esteban Vazquez Flores con documento de identificación N° 0301828737; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 24 de abril del 2024

Atentamente,



Alexis Marcelo Ulloa Narvárez

0302695432



Pablo Esteban Vazquez Flores

0301828737

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Alexis Marcelo Ulloa Narváez con documento de identificación N° 0302695432 y Pablo Esteban Vazquez Flores con documento de identificación N° 0301828737, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo académico: “Proyección espacial de la demanda de energía en el sistema de distribución alimentador 223 de la Empresa Eléctrica Azogues C.A.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de abril del 2024

Atentamente,

Alexis Marcelo Ulloa Narváez

0302695432

Pablo Esteban Vazquez Flores

0301828737

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jorge Luis Rojas Espinoza con documento de identificación N° 0301575866, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ALIMENTADOR 223 DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A, realizado por Alexis Marcelo Ulloa Narváez con documento de identificación N° 0302695432 y por Pablo Esteban Vazquez Flores con documento de identificación N° 0301828737, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de abril del 2024

Atentamente,



Ing. Jorge Luis Rojas Espinoza, Mgtr.

0301575866

PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ALIMENTADOR 223 DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A.

1st Marcelo Ulloa N.
Carrera de Electricidad.
Universidad Politécnica Salesiana.
Cuenca, Ecuador
aulloan@est.ups.edu.ec

2nd Esteban Vazquez F.
Carrera de Electricidad.
Universidad Politécnica Salesiana.
Cuenca, Ecuador
pvazquezf@est.ups.edu.ec

3rd Jorge Rojas E.
Director de la Maestría en Electricidad
Universidad Politécnica Salesiana.
Cuenca, Ecuador
jrojase@ups.edu.ec

Abstract—Efficient management of electrical demand is crucial for Azogues, a city in constant development. With ongoing demographic growth, accurate projection of energy demand becomes vital to reduce waste and operational costs. This research aims to contribute to sustainable energy resource use, helping the Azogues Electric Company adapt to evolving technological trends. It includes a spatial projection for feeder 223, covering areas with continuous demographic growth like the Azogues-Cuenca Highway and regions such as El Tablón and El Cisne. This anticipates future adjustments needed for the feeder.

Index Terms—Feeder, demand, demographic, projection.

I. INTRODUCCIÓN

La eficiente gestión de la demanda de energía eléctrica desempeña un papel fundamental en la operación de redes eléctricas y en la satisfacción de las necesidades energéticas de la comunidad de Azogues, una ciudad en constante desarrollo y crecimiento. En este contexto dinámico desde el punto de vista socioeconómico, se presentan desafíos significativos en la planificación y operación del sistema de distribución eléctrica de la ciudad, donde la precisión y el entendimiento espacial de la demanda de energía son elementos esenciales.

Se deben considerar varios factores críticos, siendo el crecimiento demográfico continuo en Azogues el primero de ellos, lo que conlleva a un aumento en la demanda de energía eléctrica. La proyección precisa de la demanda se torna esencial para reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental asociado a la generación y distribución de energía en Azogues.

Esta investigación tiene como objetivo realizar la modelación espacial de la demanda a través de métodos estadísticos que mejor se ajusten al comportamiento creciente de la demanda del alimentador 223, que abarca sectores en constante crecimiento demográfico. Estos sectores experimentan un crecimiento poblacional constante debido

a la preferencia de la población por residir en estas áreas, además del aumento de industrias que han optado por migrar a dichos sectores. Por esta razón, la Empresa Eléctrica Azogues C.A. necesita anticipar los cambios o ajustes que serán necesarios en dicho alimentador para el futuro [1].

II. PROPUESTA

El análisis de la proyección espacial del alimentador 223 en la Ciudad de Azogues se centra en anticipar la demanda eléctrica futura. Esta evaluación considera la posibilidad de un aumento considerable en el sistema, influenciado por varios factores. Entre ellos, el crecimiento poblacional y el proceso de urbanización, los mismos que emergen como elementos clave que impulsan este incremento.

Para comprender la futura demanda eléctrica, se han empleado datos históricos para identificar patrones y tendencias temporales. Esta aproximación facilita la comprensión de la evolución de la demanda en relación con el pasado, sirviendo como base para proyecciones futuras [2]. Además, se han considerado factores demográficos y tecnológicos que pueden incidir en la demanda eléctrica, incluyendo el crecimiento de clientes residenciales, comerciales e industriales.

Para la proyección de la demanda se utilizan técnicas estadísticas que pueden ser empleadas para prever la demanda, teniendo en consideración que es posible examinarla en diferentes horizontes de tiempo, como corto, mediano y largo plazo [3]. Los enfoques que se utilizan para la proyección abarcan métodos lineales, regresiones polinomiales y análisis de series temporales.

III. DESARROLLO

Para realizar la proyección de demanda, se requiere un análisis exhaustivo del alimentador, abordando aspectos como sus clientes y utilizando información histórica proporcionada por la Empresa Eléctrica Azogues.

A. Topología del Alimentador 223

El alimentador 223, establecido en 2010 y asociado a la Subestación Azogues 2, opera en una configuración radial [4]. Su alcance abarca distintos sectores, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 1.

TABLA I
SECTORES QUE RECORRE EL ALIMENTADOR 223

Empresa Eléctrica Azogues C.A.
Subestación Azogues 2
Alimentador 223
Sectores
Bellavista
La Dolorosa
Corralón
Pampa Vintimilla
Tablón
El Cisne
Sumbahuaico
Santa Martha
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

En términos de consumo energético mensual, el alimentador registró una demanda aproximada de 349,59 MWh hasta octubre de 2023. La potencia nominal instalada fue de 10,765 MVA, y su demanda hasta la fecha mencionada es de 1,5832833 MVA. Este último valor representa el 15% de la capacidad total instalada.

B. Proyección Espacial de la Demanda Eléctrica.

La proyección espacial de la demanda eléctrica se refiere a la estimación y análisis de cómo varía la necesidad de electricidad en diferentes áreas geográficas a lo largo del tiempo [5]. En este proceso, se consideran factores como el crecimiento poblacional, el desarrollo industrial y las tendencias de consumo en regiones específicas para prever de manera precisa la demanda futura de energía eléctrica y planificar adecuadamente la infraestructura eléctrica necesaria.

C. Crecimiento Poblacional y Consumos:

A medida que el número de usuarios aumenta en la zona de estudio puede afectar el alimentador ya que la demanda de energía eléctrica también crece, debido a que más personas requieren acceso a servicios eléctricos para sus hogares y actividades comerciales. Esto resulta en un incremento en la carga de dicho alimentador, es decir, en la cantidad de electricidad que debe suministrar. Para hacer frente a este crecimiento poblacional y la mayor demanda de energía, la Empresa Eléctrica Azogues puede necesitar mejorar la

infraestructura del alimentador mediante la instalación de equipos adicionales, la expansión de la capacidad de las líneas eléctricas o la optimización de la red, asegurando así un suministro eléctrico confiable y eficiente.

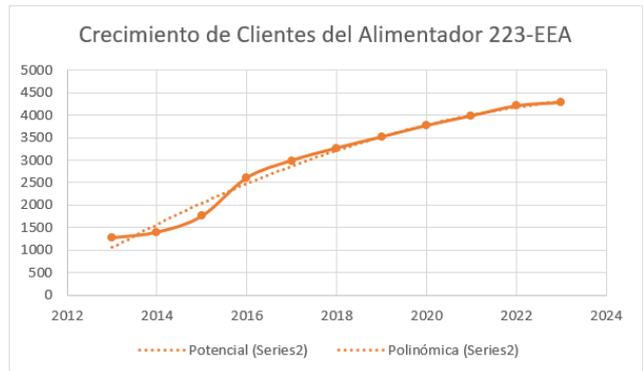


Fig. 1. Tendencia de Crecimiento de Clientes del Alimentador 223.

Como se observa en la Fig.1 se obtuvo la gráfica de tendencia del crecimiento por clientes del Alimentador 223 el cual refleja que en el año 2013 el alimentador tenía 1272 clientes conectados y que, hasta el mes de octubre del 2023 se ha incrementado a 4278 clientes, lo que representa un incremento de más del 200% en más de una década.

Por otra parte, se calculó también la evolución durante un periodo de 10 años de consumo de energía de cada cliente por tarifas como son: Residenciales, Comerciales, Industriales, Alumbrado Público y Otros (Asistencia Social, Cultos Religiosos, Bombeo de Agua, etc.) los mismos que nos permitieron obtener diferentes curvas de tendencia del crecimiento que ha tenido el Alimentador en (MWh) y poder determinar a qué capacidad se encuentra el Alimentador 223.

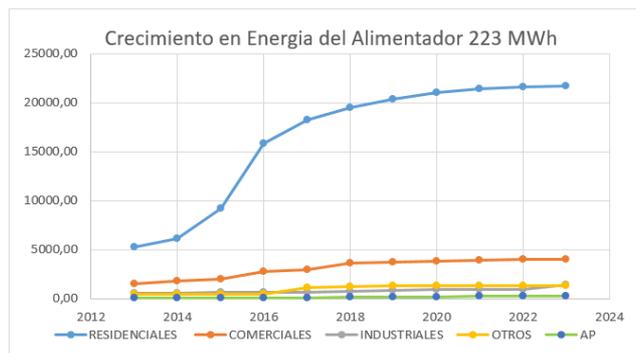


Fig. 2. Curvas comparativas del Crecimiento en Energía (MWh) del Alimentador 223.

En la Fig.2 se puede observar el aporte que han tenido los diferentes clientes del alimentador durante el transcurso del tiempo teniendo como consecuencia un aumento significativo en el consumo de energía de clientes Residenciales. Dentro

del consumo comercial, industrial y otros no existe un aumento considerable ya que en los últimos años se han ido sumando poco a poco algunas industrias y bodegas.

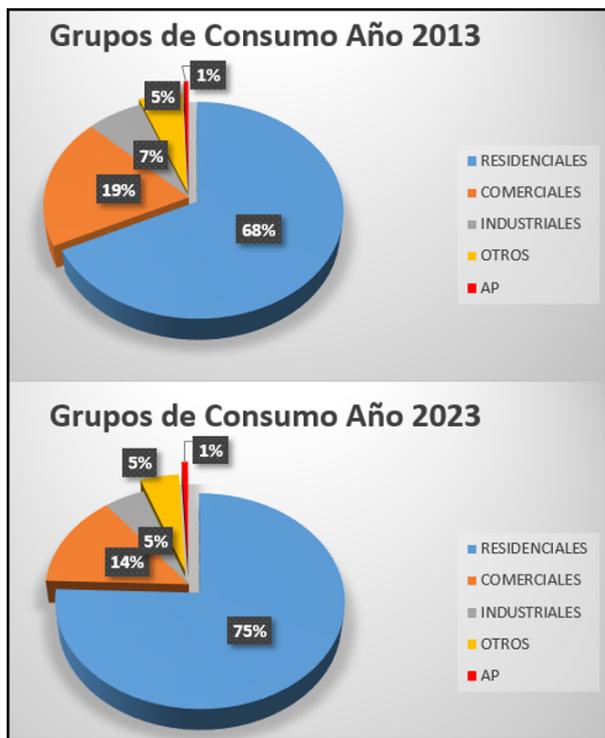


Fig. 3. Estructuras de Consumo por Tarifas del Alimentador 223.

Como se aprecia en la Fig.3 en el año 2013 la combinación proporcional de consumos Residenciales, Comerciales, Industriales, Otros y Alumbrado público era de 68%, 19%, 7%, 5% y 1% respectivamente. Luego del transcurso de diez años estos consumos han variado obteniendo un aumento en el sector Residencial del 7,8% y en alumbrado público del 0,2%. En cuanto al sector comercial, industrial y otros han tenido un decremento en su consumo del 5,5%, 1,9%, y 0,5% respectivamente. Es necesario mencionar que en el sector comercial e industrial en los últimos meses han sido aprobados nuevos proyectos que se sumarán al alimentador, esto se verá reflejado en la proyección de demanda.

D. Revisión de Datos Históricos:

La revisión de datos históricos implica analizar patrones pasados de consumo de energía en los sectores de estudio. Al examinar datos históricos, se buscan tendencias, estacionalidades y cambios en la demanda eléctrica que puedan afectar las proyecciones futuras. Además, es crucial identificar y tener en cuenta valores atípicos o anomalías en los datos históricos, ya que estos eventos inusuales pueden tener un impacto significativo en las estimaciones futuras [6].

E. Filtro de Hampel:

En el proceso de depuración de datos históricos, se aplicó el filtro de Hampel proporcionado por Matlab®, el mismo que desempeña un papel crucial en la identificación y corrección de valores atípicos o datos anómalos en una secuencia de datos. El filtro de Hampel opera mediante el cálculo de medianas ponderadas en ventanas deslizantes a lo largo de la serie temporal. En lugar de depender únicamente de la mediana simple, evalúa cada punto de datos en comparación con la mediana ponderada de su ventana respectiva. Esta ponderación permite que el filtro de Hampel sea más sensible a las fluctuaciones locales, lo que facilita la detección de valores atípicos.

F. Procedimiento para el análisis de Datos en el ArcMap mediante mapas de colores continuos:

La creación de cuadrículas y grillas en ArcMap® es un procedimiento esencial para organizar y analizar datos espaciales de manera sistemática. En el caso de estudio, nos enfocamos en la creación de cuadrículas de 500 x 500 metros, un paso fundamental en la preparación de datos geoespaciales. Esta acción tiene como objetivo facilitar la proyección de la demanda eléctrica al proporcionar un punto único que representa la suma de todas las energías consumidas en esa área delimitada por la cuadrícula [7].

1) *Creación de Grillas:* Estas grillas se utilizan para dividir un área geográfica en celdas uniformes, facilitando el análisis, la visualización y la gestión de información geoespacial. Al generar grillas, se logra una estructura ordenada que simplifica la interpretación de datos, la comparación de áreas y la aplicación de análisis espaciales como se observa en la Fig.4.

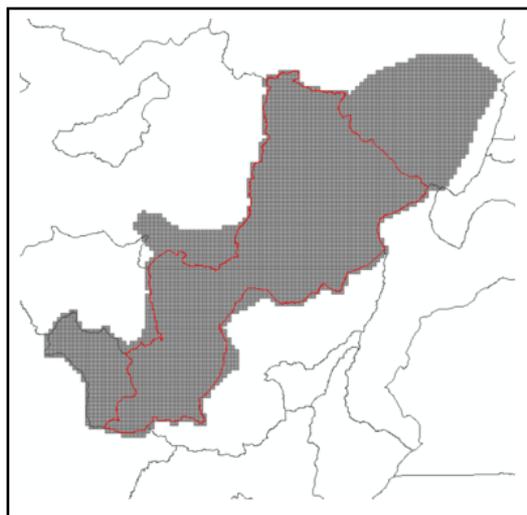


Fig. 4. Creación de Grillas en el ArcMap

2) *Geoposicionamiento de Usuarios en el ArcMap:* Este proceso implica asignar coordenadas geográficas a las ubicaciones de las luminarias y los clientes en un área determinada permitiendo obtener información espacial precisa sobre la distribución de las luminarias y la ubicación de los clientes dentro de la zona seleccionada. Esto permite optimizar la planificación urbana, mejorar la eficiencia energética y facilitar la identificación de áreas que pueden requerir mejoras en la infraestructura de iluminación (Fig.5).

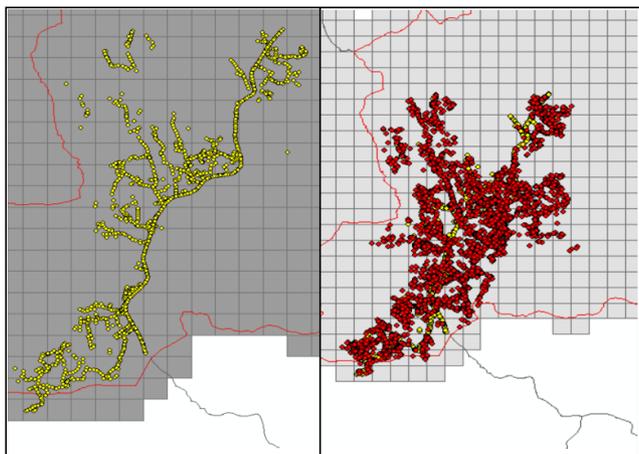


Fig. 5. Geoposicionamiento de Luminarias y Clientes del Alimentador 223

3) *Análisis Gráfico de Demanda:* Para este análisis el Software ArcMap luego de ingresar los datos de consumos de energía de los clientes georeferenciados y sumados dentro de cada grilla nos permite dividir sus consumos en cuartiles y representarlos con colores para diferenciar su consumo de mayor a menor como podemos observar en la Fig.6.

	0 - 2000	kWh
	2000 - 10000	kWh
	10000 - 50000	kWh
	50000 - 117735,21	kWh

Fig. 6. Rangos de Consumos de cada Grilla

En el año 2013, el alimentador 223 experimentó una demanda de energía relativamente baja, atribuible a su fase inicial de desarrollo. En este periodo inicial, es común observar una demanda reducida, dada la etapa temprana de expansión tanto en términos de infraestructura como de población.

Este dato adquiere importancia estratégica para la planificación a largo plazo, señalando la necesidad de vigilancia continua y ajustes en la infraestructura eléctrica a medida que evoluciona la demanda energética con el tiempo y el crecimiento de la comunidad en la región (Fig.7).

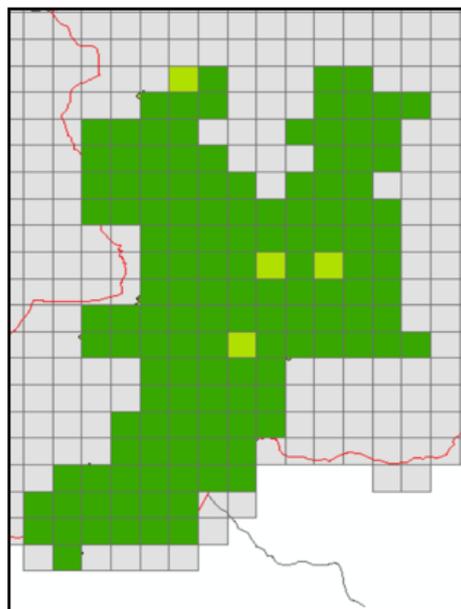


Fig. 7. Estado del Consumo en el año 2013

Después de una década, se aprecia en la Fig.8 que el alimentador 223 ha experimentado un significativo aumento en el consumo de energía.

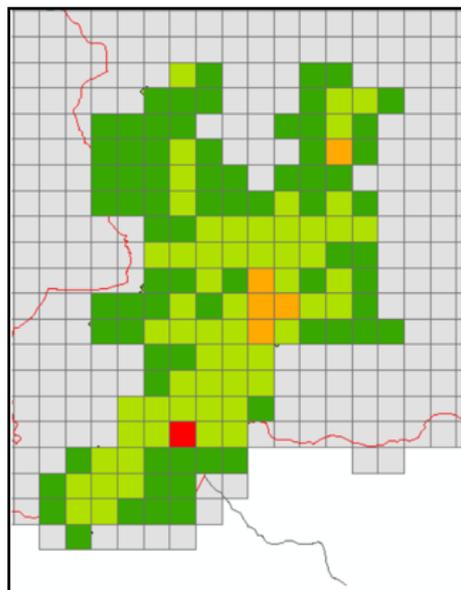


Fig. 8. Estado del Consumo en el año 2023

Este incremento se atribuye al crecimiento poblacional en la zona céntrica de Javier Loyola, así como a la adición de cargas considerables como la UNAE, Induglob y las Bodegas de Coral Hipermercados. Además, es crucial tener en cuenta

la aprobación de nuevos proyectos por parte de la empresa eléctrica Azogues, los cuales involucran la incorporación de nuevos clientes industriales a la zona de estudio.

G. Procedimiento en Minitab para la Proyección de la Demanda de Energía del Alimentador 223.

Después de completar el análisis de los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Azogues, referentes a los consumos de energía de los diversos clientes conectados al alimentador, se llevó a cabo la introducción de estos datos en Minitab®. Con el objeto de realizar la proyección para el año 2028, tomando en consideración que Minitab ofrece una variedad de métodos para ajustar tendencias y proporcionar datos proyectados.

Una vez ingresados los datos en Minitab, se exploraron diferentes métodos de ajuste de tendencia disponibles en la plataforma. La selección del método adecuado se basó en la identificación de aquellos que ofrecían un mejor ajuste a los datos, considerando la precisión y la confiabilidad de las proyecciones resultantes.

H. Método Exponencial Doble

El método exponencial doble, también conocido como método de Holt, es una técnica utilizada para analizar series temporales y realizar pronósticos [8].

Componentes del Modelo

- **Nivel (N):** Representa el nivel medio de la serie temporal.
- **Tendencia (T):** Captura la dirección y la magnitud de la tendencia a lo largo del tiempo.
- **Alpha (α):** Parámetro de suavización exponencial para el nivel.
- **Beta (β):** Parámetro de suavización exponencial para la tendencia.

Ecuaciones de Actualización

• Actualización del Nivel:

La actualización del nivel se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

• Actualización de la Tendencia:

La actualización de la tendencia se describe mediante la ecuación:

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1} \quad (2)$$

• Proyección

La proyección se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Y_{t+h} = L_t + h \cdot T_t \quad (3)$$

Proceso de Ajuste:

Minitab ajusta los parámetros α y β para minimizar el error cuadrático medio entre las observaciones reales y las proyecciones del modelo exponencial doble. Este ajuste se realiza mediante técnicas de optimización, y Minitab selecciona los valores óptimos de α y β para lograr un buen ajuste del modelo a los datos.

I. Modelo de Tendencia de Curva S:

La representación gráfica de la Curva S o Logística de Pearl-Reed exhibe una forma característica de letra S, en la que inicia un crecimiento con una tasa que va en aumento de forma gradual. Llega a un punto de inflexión el mismo que marca el cambio en la tasa de crecimiento de la curva. Inicialmente, la curva acelera su crecimiento, y en el punto de inflexión, esa aceleración puede disminuir, llevando a un cambio en la dirección de la curva y a una desaceleración en el crecimiento [8].

Modelo de la Curva

El modelo de la curva se expresa como:

$$Y_t = \frac{10^a}{\beta_0 + \beta_1 \cdot \beta_2^t} \quad (4)$$

donde:

- Y_t representa el valor de la variable dependiente en el tiempo t .
- a , β_0 , β_1 , y β_2 son parámetros a ser estimados.

Interpretación de Parámetros

- a afecta la amplitud de la curva y podría estar asociado con el valor máximo de Y_t .
- β_0 y β_1 influyen en la posición y la pendiente de la curva.
- β_2 controla la tasa de crecimiento o la velocidad de cambio a lo largo del tiempo.

Análisis de la Tendencia:

- **MAPE (Error Porcentual Absoluto Medio):** Representa el porcentaje promedio de error entre los valores pronosticados y los valores reales. Cuanto menor sea el MAPE, mayor será la precisión del modelo de pronóstico.
- **MAD (Desviación Absoluta Media):** Mide la magnitud promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los valores reales.
- **MSD (Desviación Media Cuadrática):** Mide la raíz cuadrada del promedio de las diferencias cuadráticas entre los valores pronosticados y los valores reales.

IV. RESULTADOS:

A. Clientes Residenciales, Comerciales, Otros(Asistencia Social, Cultos Religiosos, Bombeo de Agua, etc.) , AP, y de todo el Alimentador 223.

Como se puede observar en la Tabla 2, la aplicación del método de suavización exponencial doble para ajustar la demanda de los clientes mencionados demostró un mejor rendimiento al ofrecer el menor error posible. Este resultado se atribuye a la peculiaridad de los datos suministrados por la empresa eléctrica, que exhibieron un comportamiento inusual. Es crucial señalar que previo al análisis, se llevó a cabo una depuración exhaustiva de los datos.

TABLA II
RESULTADOS DEL MÉTODO EXPONENCIAL DOBLE POR CLIENTE

Cientes	MAPE (%)	MAD (%)
Residenciales	9,8	9,2
Comerciales	6,3	1,7
Otros	11,9	1,1
Ap	15,8	0,03
Alimentador 223	5,5	10,6

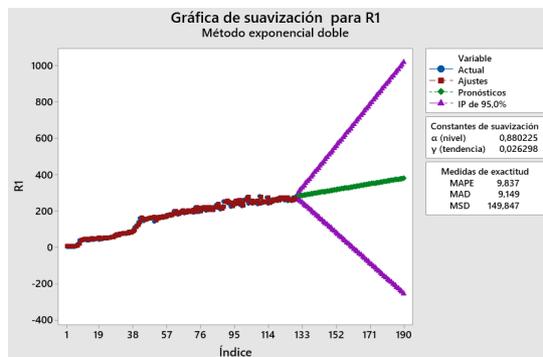


Fig. 9. Gráfica de suavización para clientes residenciales.

Para los clientes residenciales, el MAPE es del 9,8%, indicando la discrepancia promedio en términos porcentuales entre las proyecciones y los valores reales, mientras que el MAD es del 9,2%, representando la diferencia promedio absoluta entre las proyecciones y los valores reales (Fig.9).

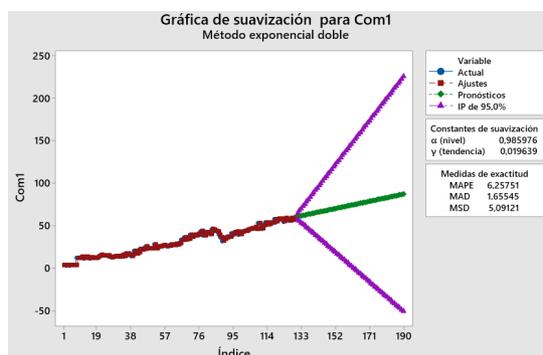


Fig. 10. Gráfica de suavización para clientes comerciales.

En el caso de clientes comerciales este método se ajusta de mejor manera a su tendencia como podemos observar en la Fig.10, los resultados muestran un MAPE del 6,3% y un MAD del 1,7%, indicando una menor discrepancia porcentual y absoluta.

Para el segmento Otros, el Método Exponencial Doble presenta una precisión destacada con un MAPE del 11,9% y un MAD del 1,1%, indicando una discrepancia moderada en las proyecciones. En el caso de los clientes Ap, el método exhibe una alta precisión con un MAPE del 15,8% y un MAD extremadamente bajo del 0,03%, señalando una concordancia entre las proyecciones y los valores reales (Fig.11).

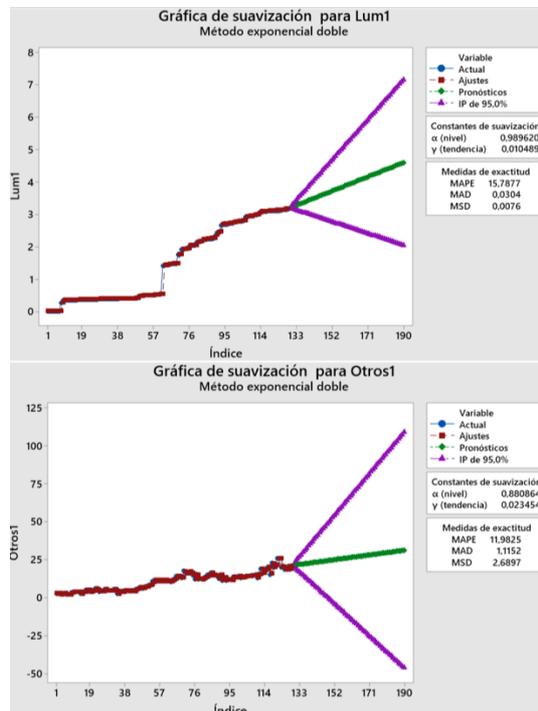


Fig. 11. Gráfica de suavización para clientes Otros (Asistencia Social, Cultos Religiosos, Bombeo de Agua, etc.) y Luminarias.

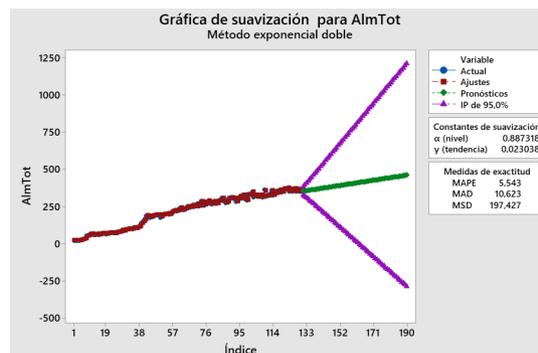


Fig. 12. Gráfica de suavización del Alimentador 223.

El Alimentador 223 muestra un MAPE del 5,5% y un MAD del 10,6%, lo que indica una discrepancia relativamente baja en términos porcentuales (Fig.12).

B. Clientes Industriales:

Para los clientes industriales, el método que presenta un mejor ajuste en la demanda es el de la Curva S. Esta observación se refleja en la Fig.13, donde los valores ajustados se encuentran cercanos a los valores reales, generando un MAPE de 9,7%. Además, la desviación del pronóstico (MAD) es notablemente baja, registrando un valor de 0,6%. Esta estrecha proximidad entre los valores reales y ajustados subraya la eficacia del método de la Curva S en la optimización de la demanda para clientes industriales.

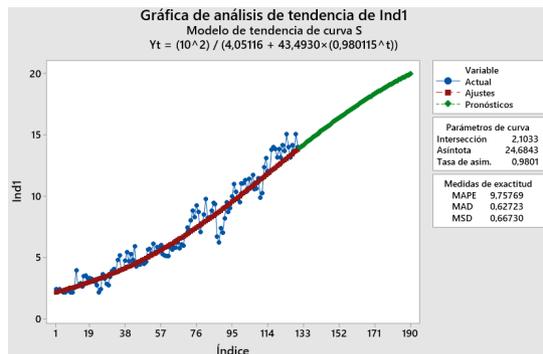


Fig. 13. Gráfica de suavización para clientes industriales.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

TABLA III
PROYECCIÓN DE ENERGÍA HASTA EL 2028

Cientes	2023 (MWh)	2028 (MWh)	Aumento (MWh)
Residenciales	21658,46841	41512,79941	19854,331
Comerciales	4038,12502	8473,95372	4435,8287
Industriales	926,3159567	1956,575357	1030,2594
Otros	1407,6226	2989,3645	1581,7419
AP	194,32827	429,39669	235,06842
Alimentador Total	28213,6611	52605,6031	24391,942

- Como podemos observar en la Tabla 3 existe un aumento del 34,5% en la demanda residencial, esto indica un crecimiento sustancial en el consumo de energía en este segmento, lo que podría ser atribuido a un incremento en la cantidad de usuarios o a cambios en el comportamiento de consumo.
- De igual forma, aunque el aumento es menos pronunciado en comparación con el sector residencial, el segmento comercial también experimenta un crecimiento significativo del 44,5%, indicando una expansión en las actividades comerciales.
- El crecimiento del 42,9% en el sector industrial destaca la creciente demanda de energía en actividades manufactureras u operaciones industriales, tomando en consideración que varias bodegas e industrias se seguirán sumando al alimentador, representado cargas de gran cantidad al mismo.
- La proyección general indica un aumento sustancial de un 31,7% en la demanda total del alimentador. Este crecimiento global sugiere la necesidad de planificación y adaptación de recursos para satisfacer las futuras demandas de energía.
- En el 2023, la cargabilidad del alimentador se sitúa en un 15% de su capacidad nominal. Este nivel relativamente bajo sugiere que la red tiene capacidad para manejar un crecimiento adicional en la demanda sin experimentar sobrecargas significativas. Con los datos de proyección estimamos que el alimentador en octubre del 2028 (5 años) estará con un 19% de cargabilidad aproximadamente.

VI. RECOMENDACIONES:

- Con el crecimiento proyectado en la demanda de energía, se sugiere que la empresa eléctrica considere mejoras significativas en su infraestructura de almacenamiento de datos.
- El implementar sistemas robustos y escalables de gestión de datos permitirá una recopilación, análisis y proyección más eficientes, respaldando así la toma de decisiones informada.
- Programas educativos y de concienciación pueden fomentar prácticas de eficiencia energética en el sector residencial. La promoción de la adopción de tecnologías de bajo consumo y la concienciación sobre el uso responsable de la energía son aspectos clave.
- En el sector industrial, se sugiere una planificación integral que incluya estrategias de gestión de la demanda, tecnologías eficientes y la exploración de opciones de generación distribuida para mejorar la eficiencia y reducir la carga en la red.

VII. CONCLUSIONES:

- La proyección espacial de la demanda energética revela una diversificación significativa en los distintos sectores. El aumento pronosticado refleja un crecimiento no uniforme, con un énfasis particular en los sectores residencial, comercial, e industrial. Este patrón sugiere la necesidad de estrategias diferenciadas para abordar las demandas específicas de cada segmento.
- El aumento del 34,5% en la demanda residencial indica un crecimiento sostenido en las necesidades energéticas de las viviendas. Esta observación puede atribuirse a cambios en el estilo de vida, el aumento de dispositivos electrónicos y la expansión del uso de tecnologías en los hogares.
- El incremento del 42,9% en la demanda industrial destaca el papel crucial del sector en el panorama energético. Las proyecciones sugieren oportunidades de desarrollo industrial, pero también plantean desafíos en la garantía de suministro y la eficiencia energética.
- La proyección al 2028 indica un aumento en la cargabilidad del alimentador, alcanzando un 19%. Este aumento, aunque moderado, sugiere un crecimiento constante en la demanda que debe ser abordado para garantizar la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico.
- En conjunto, la proyección espacial de la demanda proporciona un marco valioso para la toma de decisiones en la gestión energética, permitiendo una planificación anticipada y estratégica que responda a las complejidades del crecimiento y las tendencias en los diferentes sectores.

REFERENCIAS

- [1] ZAMORA, J.; PIEDRA, F. Proyección espacial de la demanda eléctrica del cantón Cuenca, provincia del Azuay perteneciente a la Centro Sur CA mediante la ayuda de las herramientas del CYMSIDT, GIS y estadísticos. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2013.

- [2] D. O. Santillán Briones and F. I. Pallo Massuh, "Estudio de la proyección de la demanda eléctrica y su impacto en el sistema de cnel ep-unidad de negocio los rios en el periodo comprendido del 2019 al 2024," B.S. thesis, 2019.
- [3] R. A. Dávila Arias, "Proyección espacial de la demanda eléctrica a mediano plazo en empresas de distribución en el ecuador," Master's thesis, Quito, 2019., 2019.
- [4] G. Martín-Rodríguez and J. J. Cáceres-Hernández, "Modelling the hourly spanish electricity demand," *Economic Modelling*, vol. 22, no. 3, pp. 551–569, 2005.
- [5] MORA LEMA, John Daniel; SANMARTÍN GONZÁLEZ, Pablo Andres. Estudio de factibilidad de servicio para el incremento de la demanda de 3, 50 MVA para la fábrica INDUGLOB, mediante los alimentadores 223 y 224. 2020. Tesis de Licenciatura.
- [6] T. Boßmann and I. Staffell, "The shape of future electricity demand: Exploring load curves in 2050s germany and britain," *Energy*, vol. 90, pp. 1317–1333, 2015.
- [7] C. Franco and E. Manuel, "Previsão espacial de demanda em sistemas de distribuição com uma base reduzida de dados," 2008.
- [8] D. Anggani, A. Senen, and H. S. Dini, "Micro-spatial projection of energy demand based on dominant factors identification: an exploratory factor analysis," in 2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS). IEEE, 2021, pp. 268–272.