

Modelado estadístico del tiempo de resolución de reclamos del sistema eléctrico paraguayo

Nicolás Canese, Ricardo Loreiro and Benjamín Barán

Universidad Comunera, Asunción, Paraguay
ncanese@gmail.com

Resumen La Administración Nacional de Electricidad (ANDE), responsable del sistema eléctrico paraguayo desarrolló el Sistema de Gestión de Reclamos (GRA) para mejorar la atención de reportes por falta de energía. Este trabajo tiene como objetivo analizar los tiempos de resolución de reclamos por falta de energía mediante el procesamiento estadístico de datos históricos del GRA entre mayo de 2021 y junio de 2024. Para ello, se realizó una depuración rigurosa de una base de 2.875.287 registros, resultando en un conjunto final de 270.209 reclamos válidos. Del estudio de estos datos se comprobó que la distribución de los tiempos de resolución presentó asimetría positiva, con una mediana de 1,79 horas y una media de 2,74 horas. Un 65,7 % del tiempo total se concentró en etapas administrativas, las cuales mostraron coeficientes de correlación de Spearman más elevados que las tareas de campo. También se identificaron correlaciones débiles ($\rho \leq 0,11$) entre la cantidad de reclamos y variables como la temperatura mínima diaria. Las pruebas de *Kruskal–Wallis* revelaron diferencias significativas en los tiempos y volúmenes de reclamos según variables geográficas y temporales. Asimismo, la prueba de *Kolmogórov–Smirnov* indicó que la distribución Log-Normal ofrece el mejor ajuste ($D = 0,007$) para modelar los tiempos de resolución. Los resultados destacan la influencia de factores geográficos, temporales y técnicos en los tiempos de resolución, lo que ayuda a distinguir patrones diferenciados en la operación del sistema, sugiriendo mejoras mediante automatización, capacitación, rediseño de flujos y administración eficiente de recursos.

Palabras clave: Gestión de reclamos, Tiempo de resolución, Análisis de distribución, Redes de distribución eléctrica, Modelos estadísticos

Statistical Modeling of Complaint Resolution Times in the Paraguayan Power System

Abstract The National Electricity Administration (ANDE), responsible for Paraguay's electricity system, developed the Complaint Management System (GRA) to improve the handling of reports of power outages. The aim of this work is to analyze the resolution times for complaints about power outages by statistically processing historical data from the GRA between May 2021 and June 2024. To this end, a rigorous cleansing of a database of 2,875,287 records was carried out, resulting in a final set of 270,209 valid complaints. The study of this data showed that the distribution of resolution times was positively skewed, with a median of 1.79 hours and a mean of 2.74 hours. Sixty-five

point seven percent of the total time was concentrated in administrative stages, which showed higher Spearman correlation coefficients than field tasks. We also identified weak correlations ($\rho \leq 0,11$) between the number of claims and variables such as the minimum daily temperature.

Kruskal-Wallis tests revealed significant differences in claim times and volumes according to geographical and temporal variables. Likewise, the Kolmogorov-Smirnov test indicated that the Log-Normal distribution offers the best fit ($D = 0,007$) for modeling resolution times.

The results highlight the influence of geographical, temporal, and technical factors on resolution times, which helps to distinguish different patterns in the system's operation, suggesting improvements through automation, training, workflow re-design, and efficient resource management.

Keywords: Claims management, Resolution time, Distribution analysis, Electrical distribution networks, Statistical modeling

1. Introducción

La calidad del servicio eléctrico es un elemento esencial tanto para la satisfacción del cliente como para la eficiencia operativa de las empresas distribuidoras de energía (Neolaka et al., 2022).

En este contexto, la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), entidad pública responsable de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica a más de 1.800.000 clientes dentro del territorio paraguayo, impulsó procesos de modernización tecnológica orientados a mejorar la atención a sus clientes.

Como parte de este proceso, se implementó el Sistema de Gestión de Reclamos (GRA), una herramienta informática que centraliza la recepción de reclamos y permite su trazabilidad en todas las etapas del proceso, atendiendo a lo establecido en la legislación paraguaya, a través de la Ley N° 1.334/98 de Defensa del Consumidor y del Usuario, que establece derechos fundamentales relacionados con la calidad en la prestación de servicios y la atención eficaz de reclamos (Congreso Nacional de Paraguay, 1998).

El GRA, desde el inicio de su implementación en 2021, ha sido adoptado en más de 70 unidades administrativas en todo el territorio del Paraguay y utilizado por más de 1.300 funcionarios (ANDE, 2024). Esto permitió la acumulación de un volumen sustancial de datos operativos que reflejan con gran detalle las características y gestión de cada reclamo desde su ingreso hasta su resolución. No obstante, este valioso conjunto de información aún no ha sido objeto de un análisis que permita extraer conclusiones relevantes sobre el proceso de atención.

El volumen y complejidad de datos disponibles plantea desafíos analíticos, como la presencia de registros inconsistentes, reclamos con flujos atípicos y valores extremos, lo que requiere un proceso riguroso de limpieza, depuración y estructuración que garantice la validez del análisis y prepare adecuadamente la base de datos para su utilización en aplicaciones analíticas (García et al., 2017), como el desarrollo de modelos de los tiempos de resolución, siendo este uno de los objetivos del presente trabajo.

El presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la Sección 2 se describen las principales características del sistema GRA, se detalla un diagrama de flujo

que representa la secuencia típica de estados por los que transita un reclamo y el procedimiento aplicado para la depuración de los datos. Asimismo, se explican las técnicas estadísticas utilizadas para analizar la distribución de los tiempos de resolución, ajustar distintos modelos de distribución probabilística así como explorar correlaciones entre las variables del sistema y factores climáticos.

En la Sección 3 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas estadísticas y se discute el comportamiento observado en función de variables geográficas, temporales y climáticas. Finalmente, en la Sección 4, se exponen las conclusiones y las implicancias del estudio en la potencial mejora del servicio y las bases para futuros trabajos orientados a la predicción de los tiempos de resolución de un reclamo en el sistema eléctrico.

2. Problemática y propuesta de solución

2.1. Reclamos en el sistema GRA

Un reclamo es una solicitud presentada por un cliente ante la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) para reportar alguna irregularidad percibida en la prestación del servicio. Este registro puede realizarse a través de distintos canales habilitados, como la atención telefónica, plataformas digitales o ventanillas presenciales.

Investigaciones evidencian una relación significativa entre la aplicación de procedimientos de atención de reclamos y la satisfacción del usuario en el contexto de servicios eléctricos (Fernández Argandoña, 2021). A partir de esto, resulta necesario comprender cómo se gestionan y resuelven los reclamos, así como establecer criterios metodológicos que garanticen la calidad y consistencia de los datos, permitiendo caracterizar el ciclo de vida de cada caso típico registrado en el sistema GRA.

2.2. Criterios de inclusión

Con el fin de asegurar la consistencia analítica y garantizar la representatividad de los datos, se definieron criterios de inclusión que permitieron delimitar el conjunto de reclamos utilizado en este estudio.

- **Reclamos por falta de energía:** Se incluyeron únicamente los reclamos relacionados con interrupciones en el suministro eléctrico, excluyendo aquellos correspondientes al alumbrado público y del área comercial.
- **Reclamos independientes:** Fueron considerados únicamente reclamos gestionados como eventos únicos, es decir, no asociados a otros casos existentes dentro del sistema. De esta forma, se evitó el análisis redundante de reclamos vinculados a una misma incidencia. Ejemplo: En el momento que un alimentador sale fuera de servicio, el sistema puede recibir múltiples reclamos de clientes de la zona afectada.
- **Reclamos resueltos:** Se incluyeron exclusivamente aquellos reclamos cuya gestión fue completada dentro del sistema GRA, permitiendo una evaluación íntegra de su ciclo de resolución. Quedaron excluidos los casos sin cierre operativo o cuya trazabilidad se interrumpe por derivación a sistemas externos.

2.3. Flujo de un reclamo

El flujo de un reclamo se refiere a la secuencia de estados por los cuales un reclamo transita dentro del sistema GRA. Cada vez que un reclamo cambia de estado, el sistema registra la fecha y hora de dicha transición en la tabla “reclamo_movimiento”, lo que permite reconstruir de manera cronológica el recorrido completo del caso. El flujo típico de un reclamo se ilustra en la Figura 1, y comprende los siguientes estados:

1. **Pendiente:** El reclamo es ingresado automáticamente en la bandeja de pendientes del centro de atención, donde es visualizado por los coordinadores de turno en las oficinas de ANDE.
2. **Asignado:** El operador de turno asigna manualmente el reclamo a una cuadrilla responsable de su atención en campo.
3. **Localizado:** La cuadrilla asigna este estado, una vez que logra ubicar geográficamente el sitio del incidente reportado.
4. **Resuelto:** El estado es asignado por la cuadrilla tras haber completado la atención del reclamo. En este punto se registran también datos complementarios como la avería constatada y materiales utilizados.
5. **En Planificación:** El reclamo queda en espera para su atención posterior.
6. **Transferido:** El reclamo es derivado a otro centro de atención para su gestión por la unidad correspondiente.
7. **Vinculado:** El reclamo es asociado a otro reclamo más antiguo ya registrado en el sistema, por corresponder al mismo evento o incidencia.

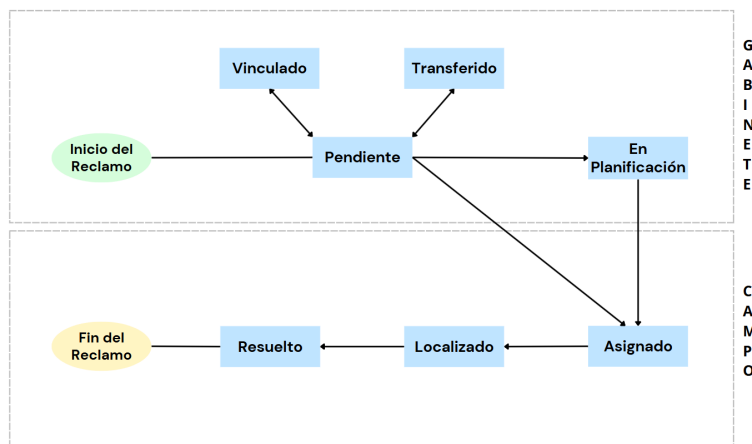


Figura 1. Flujo de reclamos.

2.4. Depuración de la base de datos

Delimitado el conjunto de datos mediante criterios de inclusión, se aplicó un proceso de depuración adicional enfocado en eliminar registros con flujos inconsistentes y valores atípicos. A continuación, se describen las condiciones definidas para el filtrado.

Flujos inconsistentes. Durante el análisis se identificaron numerosos registros en la tabla “reclamo_movimiento” que representaban transiciones inconsistentes, es decir, que no guardaban correspondencia con el flujo esperado de atención. Esto puede deberse al uso incorrecto o errores funcionales del sistema posteriormente corregidos luego de su implementación, como ser resoluciones directas de reclamos sin haber pasado por estados previos, reclamos que no iniciaron en “Pendiente”, o registros con observaciones que indican un proceso de depuración manual de los datos.

Valores atípicos. El tratamiento de valores atípicos combinó criterios operativos y estadísticos, teniendo en cuenta que los *outliers* pueden deberse tanto a errores de registro como a situaciones excepcionales en el proceso de gestión de un reclamo.

- **Criterios operativos por etapa.** Se definieron umbrales mínimos de duración para cada etapa del flujo de un reclamo siguiendo metodologías respaldadas en la literatura (Piza Burgos et al., 2019) y validados por especialistas del dominio, Tabla 1. Con base en estos valores se identificaron registros con duraciones inusualmente bajas, poco compatibles con condiciones reales de operación.
- **Criterio estadístico:** Se definió un umbral sobre el tiempo total de resolución (T_{total}), considerando como valores atípicos aquellos superiores al percentil 99 de la distribución ($T_{total} > 25$ horas). Esta decisión se basa en enfoques de identificación de *outliers* en distribuciones sesgadas o con colas pesadas (Verardi y Vermandele, 2016), dado que estos casos podrían reflejar errores de registro, cierres administrativos no documentados o interferencias que no representan un comportamiento típico del proceso de gestión de un reclamo.

Tabla 1. Límites operativos por estado de un reclamo

Estado	Base de validación	Límite (min)
Pendiente	Duración mínima para asignación de recursos	0,5
Asignado	Duración mínima para verificación y traslado	5
Localizado	Actuación mínima en campo para fallas	3
Resuelto (total)	Duración mínima para la resolución de un reclamo	10

Vinculación a eventos. Los reclamos cuyo flujo finaliza en el estado “Vinculado” son excluidos con el objetivo de consolidar la información a nivel de evento y evitar el análisis redundante de múltiples reclamos vinculados a una misma falla.

La Tabla 2 resume el proceso de filtrado aplicado sobre la base de datos original en función a los criterios de inclusión y depuración, el cual permitió reducir los 2.875.287 registros iniciales a un conjunto consolidado de 270.209 reclamos válidos para el análisis en el periodo de mayo del 2021 a junio del 2024.

Tabla 2. Resumen del proceso de inclusión y eliminación de reclamos.

Criterio	N° Reclamos	N° Exluídos	Descripción
Base de datos inicial	2.875.287	–	Total de reclamos brutos registrados en el sistema GRA
Falta de energía eléctrica	2.628.968	246.319	Selección de reclamos relacionados exclusivamente con interrupciones del suministro
Estado final “Resuelto”	2.507.748	121.220	Retención de reclamos cuya atención fue completada
Estados trazables	1.958.173	549.575	Reclamos con transición completa entre estados dentro del sistema
Flujos consistentes	1.408.598	134.424	Eliminación de secuencias que no cumplen con el flujo lógico definido
Valores atípicos	1.237.342	36.832	Corte en el percentil 99 del tiempo total de resolución y tiempos mínimos operativos
Vinculados a eventos	1.200.510	930.301	Vinculación de reclamos a los eventos únicos
Base de datos depurada	270.209	–	Conjunto final de datos utilizado para el análisis estadístico

Cabe destacar que los 270.209 reclamos resultantes no constituyen una muestra aleatoria del total de registros brutos, sino que representan la totalidad del universo de datos válidos tras la aplicación de criterios técnicos de inclusión y depuración. En consecuencia, los análisis posteriores se realizan sobre este conjunto completo de casos, que cumplen con los requisitos mínimos de integridad, consistencia y trazabilidad definidos para el estudio, sin que se requieran técnicas de muestreo ni estimaciones inferenciales (Kelleher y Tierney, 2018).

2.5. Análisis de distribución de los tiempos de resolución

Con el objetivo de caracterizar el comportamiento estadístico del tiempo total de resolución de reclamos, se ajustaron modelos de distribución de probabilidad sobre los datos previamente depurados. Dado que esta variable es continua, estrictamente positiva y susceptible a valores extremos, su distribución presenta un comportamiento típicamente asimétrico (Taketomi et al., 2022).

Selección del conjunto de distribuciones teóricas Se seleccionaron cinco distribuciones de probabilidad en función a sus propiedades teóricas y su aplicabilidad en contextos donde se modelan tiempos de vida o respuesta, análisis de supervivencia, confiabilidad y evaluación de servicios (Taketomi et al., 2022). Las distribuciones evaluadas fueron:

- **Log-Normal:** modela procesos acumulativos y multiplicativos con alta asimetría.
- **Gamma:** utilizada para describir tiempos requeridos en procesos con múltiples fases; su flexibilidad permite modelar tanto tasas crecientes como decrecientes.
- **Weibull mínima:** de uso extendido en estudios de confiabilidad, permitiendo modelar fallas tempranas, constantes o envejecimiento progresivo.

- **Inverse Weibull:** utilizada para procesos inversos o eventos con mayor riesgo al inicio del periodo observado.
- **Exponencial:** representa el caso particular de una tasa constante, destacando por su simplicidad analítica.

Cada distribución fue ajustada mediante el método de máxima verosimilitud, utilizando las funciones de la biblioteca *scipy.stats* de Python. Este procedimiento permitió estimar los parámetros que maximizan la verosimilitud de los datos observados bajo cada modelo teórico (Akpan y Bassey, 2021).

Evaluación del ajuste mediante prueba de bondad. Para determinar que modelo teórico se ajusta mejor al comportamiento observado, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de *Kolmogórov–Smirnov* (KS). Esta prueba cuantifica la máxima diferencia absoluta entre la función de distribución empírica calculada a partir de los datos y la función de distribución acumulada del modelo ajustado. Cuanto menor es esta diferencia, mejor es el ajuste del modelo a los datos. Además, se calcula un p-valor asociado que permite evaluar la hipótesis nula de que los datos siguen la distribución especificada. Sin embargo, en muestras grandes, la prueba puede volverse muy sensible incluso a pequeñas discrepancias, por lo que los resultados deben interpretarse en conjunto con otras métricas y visualizaciones complementarias (Zeimbekakis et al., 2024).

2.6. Análisis de correlación

El objetivo de este análisis es identificar y cuantificar el efecto de distintas variables en las variables dependientes:

- **Tiempo total de resolución (T_{total}):** definido como el intervalo entre la hora de ingreso del al sistema (estado “Pendiente”) y su cierre efectivo (estado “Resuelto”).
- **Cantidad de reclamos (N_{total}):** definido como la sumatoria de reclamos únicos.

Para medir la correlación de las variables dependientes con las variables numéricas se utilizó el coeficiente de correlación de *Spearman*. A diferencia del coeficiente de correlación de *Pearson*, *Spearman* no requiere que la relación sea lineal ni que las variables tengan una distribución normal (Akoglu, 2018). Este enfoque es especialmente útil en contextos donde las variables pueden no seguir una distribución normal, como es común en datos de sistemas de distribución eléctrica (Aydın y Mutlu, 2023).

Las variables numéricas evaluadas son variables climatológicas tomadas en el día y el departamento geográfico. Estas son:

- **Temperatura máxima ($Temp_{max}$)** medida en grados Celsius.
- **Temperatura mínima ($Temp_{min}$)** medida en grados Celsius.
- **Temperatura promedio ($Temp_{prom}$)** medida en grados Celsius.
- **% de Humedad ($Humedad$)** medida % de 0 a 100 %.
- **Velocidad del viento ($Viento$)** medida en kilómetros por hora.

Así mismo, para medir si existen diferencias significativas en el tiempo de resolución y la cantidad de reclamos entre los grupos de una misma variable categórica se utilizó la prueba de *Kruskal-Wallis* (Lawanson et al., 2021). Esta prueba no paramétrica

es adecuada cuando los datos no cumplen los supuestos de normalidad, permitiendo comparar la mediana de una variable numérica entre tres o más grupos independientes.

Las variables categóricas evaluadas son:

- Hora del día:** De 0 a 23 horas
- Tipo de reclamo:** 27 categorías de fallas energéticas. Ej: Casa sin luz
- Día del año:** De 1 a 365
- Avería constatada:** 83 tipos de fallas registradas en campo
- Departamento geográfico:** 17 departamentos + Asunción
- Empresa contratista:** 53 empresas externas para trabajos en campo
- Unidad administrativa:** 50 unidades de gestión en gabinete
- Peligrosidad:** Escala numérica (0-100) según riesgo potencial
- Prioridad:** Escala numérica (0-100) según urgencia requerida
- Número de turno:** 3 turnos diarios de 8 horas cada uno
- Origen del reclamo:** Web, app móvil o llamada telefónica

3. Resultados

A continuación, se presenta un análisis descriptivo del conjunto depurado de datos, compuesto por un total de 270.209 reclamos independientes resueltos por falta de energía, los cuales pasaron por criterios de inclusión y depuración que garantizan su consistencia operativa y trazabilidad.

3.1. Duración total del reclamo

En la Tabla 3, se presenta un resumen estadístico de la variable tiempo total de resolución (T_{total}).

Tabla 3. Resumen estadístico del tiempo total de resolución de reclamos en horas.

Estadístico	Valor (horas)
Media	2,74
Mediana	1,79
Desviación estándar	2,95
Mínimo	0,17
Máximo	25,00
Percentil 25 (Q1)	1,03
Percentil 75 (Q3)	3,27
Percentil 95	8,19
Percentil 98	12,34

El comportamiento del tiempo total de resolución evidencia una distribución asimétrica positiva, con una mediana notablemente inferior a la media. Esta diferencia, junto con un rango intercuartílico acotado frente a una desviación estándar relativamente elevada, sugiere un patrón en el que una parte significativa de los casos se resuelve en pocas horas, mientras que un número reducido se extiende significativamente en el tiempo.

3.2. Correlación de Spearman

Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman tomando a las variables tiempo total de resolución de un reclamo (T_{total}) y cantidad de reclamos (N_{total}) como variables dependientes y calculando su coeficiente de correlación de Spearman con las variables numéricas independientes y entre sí, Tabla 4. Factores externos como las condiciones

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Spearman (p -valor $\leq 0,001$)

Variable	Tiempo total	Cantidad reclamos
Temperatura mínima ($Temp_{min}$)	0,066	0,093
Temperatura promedio ($Temp_{prom}$)	0,027	0,082
Temperatura máxima ($Temp_{max}$)	-0,006	0,064
% de Humedad ($Humedad$)	0,088	-0,021
Velocidad del viento ($Viento$)	0,044	0,006
Cantidad reclamos (N_{total})	0,103	–
Tiempo total (T_{total})	–	0,103

climáticas (temperatura, humedad, viento) parecen tener muy poca influencia en cuánto se tarda en resolver un reclamo. Los resultados indican que la temperatura mínima ($Temp_{min}$) y el tiempo total (T_{total}) son las variables con mayor correlación con la cantidad de reclamos, aunque la magnitud de la correlación sigue siendo baja.

Tabla 5. Contribución y correlación de estados en el tiempo total

Estado	Contribución (%)	T. promedio (h)	Correlación
Pendiente	41,10	1,31	0,685
En Planificación	23,79	1,71	0,688
Asignado	28,04	1,07	0,435
Localizado	6,28	0,17	0,074
Vinculado	0,79	2,06	0,559

En la Tabla 5 puede apreciar que el tiempo total necesario para resolver un reclamo depende en mayor proporción de las etapas de gestión administrativa en gabinete. Los estados “Pendiente”, “En Planificación” y “Vinculado”, que se gestionan en oficina, no solo concentran aproximadamente dos tercios del tiempo total, sino que su duración individual presenta una mayor correlación con la duración final del reclamo que la observada en los estados “Asignado” y “Localizado”, que ocurren en campo. Este patrón indica la posible existencia de puntos de congestión en las actividades de gabinete.

Por su parte, el tiempo medio del estado “Localizado” es más breve y con escasa incidencia en el tiempo total. Este estado en particular, anterior a la resolución del reclamo, representa el tiempo de la reparación de las posibles averías. Se presume que esto podría deberse a que el personal de campo actualiza este estado manualmente al finalizar la tarea y no al llegar al sitio, como se espera en gabinete.

3.3. Prueba de *Kruskal-Wallis*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la prueba de *Kruskal-Wallis* para varias variables categóricas con las variables dependientes tiempo total de resolución (T_{total}) y cantidad de reclamos (N_{total}). La Tabla 6 incluye el valor estadístico H, que refleja el grado de diferencia entre categorías y el número de categorías de cada variable categórica.

Tabla 6. Resultados prueba *Kruskal-Wallis*

Variable	H Statistic (Tiempo de Resolución)	H Statistic (Cantidad de Reclamos)	N° Categorías
Avería constatada	15,190	5,451	82
Unidad administrativa	11,458	13,770	50
Tipo de reclamo	5,303	1,384	27
Departamento geográfico	4,742	6,471	17
Hora del día	4,071	17,264	24
Día del año	2,728	9,588	365
Numero de turno	2,244	178	4
Prioridad	1,823	861	8
Empresa contratista	1,709	2,193	52
Peligrosidad	1,644	902	9
Origen del reclamo	267	312	3

Los resultados de la prueba indican que, para la mayoría de las variables categóricas, existen diferencias significativas en la mediana del tiempo de resolución entre las distintas categorías (p -valores $< 0,01$). Variables geográficas como “Departamento geográfico” y “Unidad administrativa” presentan diferencias muy marcadas; también se observaron variaciones relevantes en variables como el “Tipo de reclamo” y “Avería constatada”, lo que indica que tanto la naturaleza como el origen del problema reportado inciden directamente en la duración del proceso de resolución.

Al analizar la cantidad de reclamos, la prueba reveló diferencias significativas para la mayoría de las variables. Las mayores variaciones se observaron en la “Hora del día”, “Día del año”, la “Unidad administrativa” y el “Departamento geográfico”, lo que sugiere que el momento en que ocurre un reclamo y el lugar desde donde se lo gestiona influyen en el volumen de reclamos recibidos.

En particular, cinco departamentos concentran más del 80 % del total de reclamos durante el periodo analizado: Central (44,04 %), Alto Paraná (14,35 %), Asunción (10,73 %), Itapúa (7,44 %) y Cordillera (4,33 %). A pesar de estas diferencias en volumen, los tiempos promedio de resolución entre ellos se mantienen en un rango relativamente homogéneo, entre 2,30 y 2,95 horas.

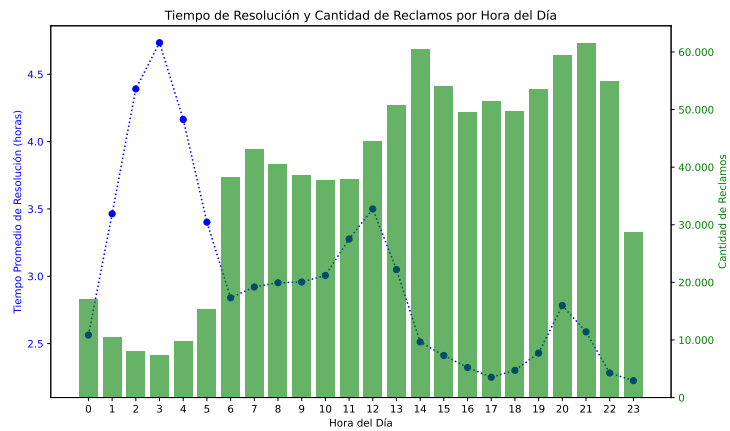


Figura 2. Tiempo de resolución y cantidad de reclamos por hora del día.

En la Figura 2 podemos observar que la mayor concentración de reclamos ocurre entre las 13:00 y las 22:00 horas, mientras que el tiempo promedio de resolución alcanza su punto más alto entre las 02:00 y las 04:00 horas. Además, se observan 3 picos en el tiempo promedio de resolución de un reclamo que coinciden con los horarios de cambio de turno de los operarios del sistema, lo que sugiere aún más la dependencia de las gestiones en gabinete. Este patrón sugiere que una mejor coordinación en las transiciones de turno, mediante solapamientos, podría optimizar los tiempos de atención.

3.4. Ajuste de modelos de distribución y evaluación

La Tabla 7 presenta los resultados obtenidos para los cinco modelos teóricos evaluados utilizando la prueba de *Kolmogórov–Smirnov* como métrica de ajuste. Si bien, los p-valores fueron bajos en todos los casos debido al gran tamaño muestral ($p \approx 0$), esta sensibilidad es esperada debido al volumen de la muestra, donde pequeñas discrepancias entre la muestra y el modelo teórico pueden resultar estadísticamente significativas.

La distribución Log-Normal mostró no solo el menor valor del estadístico ($D_n = 0,007$), sino también un ajuste visualmente coherente con la distribución empírica, como se aprecia en la Figura 3, que compara la densidad teórica con la estimación empírica suavizada (KDE) para cada modelo.

Tabla 7. Resultados de la prueba de *Kolmogórov–Smirnov* para el tiempo total de resolución.

Distribución	Estadístico KS
Log-Normal	0.007
Inverse Weibull	0.016
Weibull mínima	0.062
Exponencial	0.071
Gamma	0.341

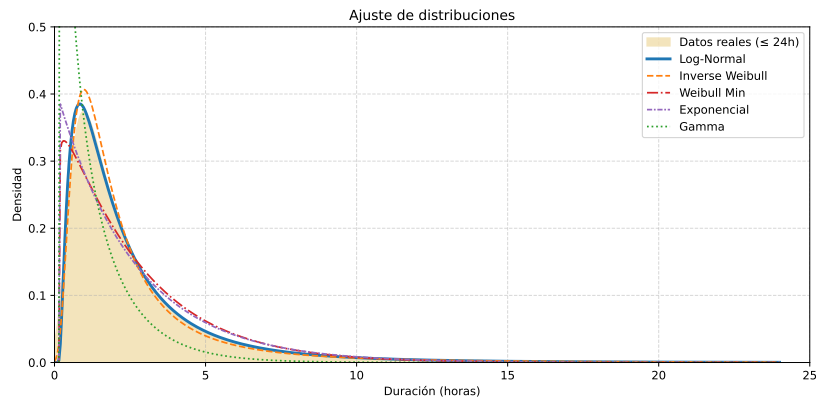


Figura 3. Curvas ajustadas sobre la densidad empírica estimada del tiempo total de resolución.

Adicionalmente, la Figura 4 ilustra la diferencia absoluta entre los cuantiles empíricos y los teóricos de la distribución Log-Normal. La mayor discrepancia se concentra en la cola superior, superando los umbrales de 0,5 h y 1 h a partir de los percentiles 98 y 99 respectivamente. Si bien estos casos representan un conjunto reducido del total, corresponden a duraciones prolongadas del proceso que podrían ser de interés para estudios futuros centrados en mejorar la atención de eventos atípicos.

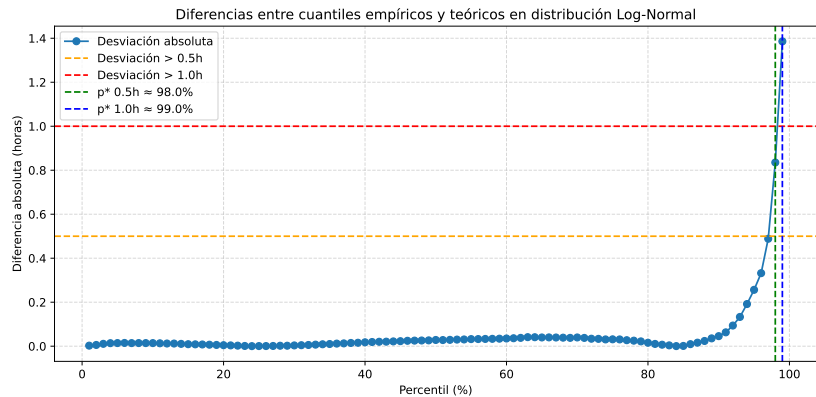


Figura 4. Diferencias absolutas entre cuantiles empíricos y teóricos - Log-Normal.

4. Conclusiones

El presente estudio ofrece un análisis detallado del comportamiento de los tiempos de resolución de reclamos por falta de energía en el sistema eléctrico paraguayo, a partir de un diagrama típico de flujo estados, que permitió estructurar el ciclo de vida de los reclamos y depurar la base de datos del sistema GRA en el periodo entre mayo del 2021 a junio 2024, con 2.875.287 registros históricos a 270.209 eventos con reclamos consistentes y representativos.

Los resultados revelan una distribución asimétrica, con una mediana de 1,79 horas y una media de 2,74 horas. Estas observaciones reflejan un comportamiento despropor-

cionado, donde el 95 % de los reclamos se resuelven antes de las 8,19 horas, mientras que persisten casos con demoras importantes que elevan los promedios globales.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es que aproximadamente dos tercios del tiempo total de atención se concentran en etapas administrativas previas a la ejecución en campo, particularmente en los estados “Pendiente” y “En Planificación”. Estas etapas presentaron los coeficientes de correlación más altos con la duración total del reclamo, lo que sugiere la existencia de puntos de congestión en las primeras fases del proceso. En contraste, las etapas en campo, como “Asignado” y “Localizado”, mostraron una menor contribución al tiempo total y menor grado de correlación.

El análisis de variables categóricas mediante la prueba de *Kruskal–Wallis* reveló diferencias estadísticamente significativas tanto en el tiempo de resolución como en la cantidad de reclamos, en las categorías de variables geográficas (departamento, unidad administrativa), temporales (hora del día, día del año) y técnicas (tipo de reclamo, avería constatada). Estos resultados confirman que la operativa no es uniforme, y que existen condiciones específicas donde la atención de reclamos tiende a ser más lenta.

Respecto al modelado estadístico, la distribución Log-Normal fue identificada como la mejor opción en función del estadístico de *Kolmogórov–Smirnov*, ofreciendo un ajuste adecuado en la mayor parte del dominio. Sin embargo, se observaron discrepancias en la cola superior de la distribución, particularmente a partir del percentil 98, donde el modelo tiende a subestimar los valores extremos.

En cuanto a las posibles aplicaciones de los resultados, los hallazgos del presente trabajo brindan una base cuantitativa sólida para orientar decisiones operativas y estratégicas en la gestión de reclamos. En particular, se recomienda focalizar los esfuerzos de mejora en las etapas administrativas del proceso, donde se concentra la mayor parte del tiempo total y se identificaron los mayores cuellos de botella. Entre las oportunidades concretas se destacan: el uso de herramientas de automatización, como algoritmos que sugieran asignaciones y planificaciones preliminares, o que detecten automáticamente la proximidad de la cuadrilla al punto del incidente para actualizar el estado a “Localizado”; el rediseño de flujos, evitando que el sistema permita cambios manuales que se aparten del recorrido lógico de atención; el desarrollo de monitoreos predictivos, mediante tableros que alerten a los coordinadores cuando los tiempos en estados como “Pendiente” o “En Planificación” superen la mediana histórica; la implementación de capacitaciones específicas en aquellas unidades administrativas con mayores tiempos promedio; y una administración más eficiente de los recursos, ajustando la planificación según los horarios y zonas con mayor carga operativa.

Como trabajo futuro, el equipo de investigación se encuentra estudiando modelos predictivos que permitan anticipar el tiempo de resolución de un reclamo a partir de variables observables al momento de su ingreso, lo cual podría proveer al cliente de un dato estimativo del tiempo de resolución de su reclamo. Asimismo, sería de interés analizar la influencia de variables no contempladas en este estudio, como el estado de carga de las redes o características específicas de los recursos del sistema GRA.

En conjunto, este estudio constituye un primer paso hacia una comprensión más profunda del comportamiento de los sistemas de gestión de reclamos en contextos eléctricos, y resalta la utilidad de los enfoques estadísticos aplicados como herramienta para la mejora continua del servicio eléctrico.

Referencias

- Akoglu, H. (2018). User's Guide to Correlation Coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18(3), 91-93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Akpan, N., & Bassey, N. (2021). Modelling complete power outage data using reliability. *American Journal of Operations Research*, 11(2), 87-99.
- ANDE. (2024). *Memoria Anual 2023* (inf. téc.). Administración Nacional de Electricidad. Asunción, Paraguay. https://www.ande.gov.py/finanzas/ANDE%20%20MEMORIA%20ANUAL_2023.pdf
- Aydın, G., & Mutlu, O. (2023). Project-Based Learning and the Flipped Classroom Model Supported Project-Based Learning's Impact on Academic Success, Retention, and Individual Innovation Competence. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 10(4), 823-833. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1416156.pdf>
- Congreso Nacional de Paraguay. (1998). Ley N° 1.334/98 de Defensa del Consumidor y del Usuario. <https://baselegal.com.py/docs/9129208d-4e4f-11e9-ac91-525400c761ca>
- Fernández Argandoña, R. A. J. (2021). Reclamos y satisfacción del sector empresarial respecto al servicio eléctrico en la zona sur del Perú. *Iberoamerican Business Journal*, 5(1), 149-167. <https://doi.org/10.22451/5817.ibj2021.vol5.1.11056>
- García, S., Luengo, J., & Herrera, F. (2017). Data Preprocessing in Data Mining: Addressing Data Quality Challenges. *Intelligent Data Analysis*, 21(6), 1379-1407. <https://doi.org/10.3233/IDA-163209>
- Kelleher, J. D., & Tierney, B. (2018). *Data science*. MIT press.
- Lawanson, T., Sharma, V., Cecchi, V., & Hong, T. (2021). Analysis of Outage Frequency and Duration in Distribution Systems using Machine Learning. *2020 52nd North American Power Symposium (NAPS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/NAPS50074.2021.9449708>
- Neolaka, M. N., Tae, M., & Kein, I. G. (2022). The Effect of Service Quality on Customer Satisfaction of The State Electricity Company (Pln) In Ritaebang Village, West Solor Sib-District, East Flores Regency. *Journal of Positive School Psychology*, 9871-9894.
- Piza Burgos, J. E., Chávez Vivas, M. A., & Vélez Calvo, X. E. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45(5), 455-468. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000500455
- Taketomi, N., Yamamoto, K., Chesneau, C., & Emura, T. (2022). Parametric distributions for survival and reliability analyses, a review and historical sketch. *Mathematics*, 10(20), 3907.
- Verardi, V., & Vermandele, C. (2016). Outlier identification for skewed and/or heavy-tailed unimodal multivariate distributions. *Journal de la Société Française de Statistique*, 157(2), 90-114. https://www.numdam.org/item/JSFS_2016__157_2_90_0.pdf
- Zeimbekakis, A., Schifano, E. D., & Yan, J. (2024). On Misuses of the Kolmogorov-Smirnov Test for One-Sample Goodness-of-Fit. *The American Statistician*, 78(4), 481-487.