

Desarrollo de un aplicativo en Excel para el registro y reporte de eventos e indicadores de calidad del servicio en un sistema de distribución local SDL

Daniel Felipe Guarín Gómez, Nicolás Andrés Espitia Chávez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electricista

Director

Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Dr. Ingeniero Electricista

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis Primeramente a Dios, con humildad y gratitud, reconozco que sin tu guía y bendiciones, este logro no hubiera sido posible.

Desde el comienzo de este camino, has sido mi fortaleza y mi inspiración. En cada desafío, en cada obstáculo, me has dado la fuerza y la sabiduría necesaria para seguir adelante. Tus enseñanzas y tu amor incondicional me han impulsado a superar mis propias limitaciones y alcanzar metas que alguna vez consideraré inalcanzables.

Te agradezco profundamente por el talento y la pasión que me has concedido, tu presencia ha iluminado mi mente y ha abierto puertas de conocimiento que jamás pensé que traspasaría.

Dios, te entrego esta tesis como una ofrenda de gratitud. Que cada palabra escrita, cada investigación realizada, sea un testimonio de mi amor y devoción hacia ti. Que mis esfuerzos sean un medio para difundir el conocimiento y contribuir al bienestar de la humanidad.

Te pido, humildemente, que bendigas este trabajo. Que sea un reflejo de tu amor y tu sabiduría, y que en todo momento pueda honrar tu nombre.

Gracias, Dios, por tu presencia constante en mi vida y por ser mi guía en cada paso que doy. Que esta tesis sea una manera de glorificarte y agradecerte por todo lo que has hecho por mí.

, a mi tía, Sandra Jimenez, Quien es la razón detrás de mi éxito en este camino educativo. Con gratitud y admiración, reconozco el amor incondicional y el sacrificio que has hecho al financiar mis estudios.

Tu generosidad y apoyo han sido fundamentales en mi trayectoria académica, abriendo puertas de oportunidad y permitiéndome perseguir mis sueños. Tu confianza en mí ha sido un faro de motivación constante, impulsándome a superar los desafíos y alcanzar mis metas.

has dejado una huella imborrable en mi vida. No solo has brindado los recursos necesarios, sino que también ha transmitido el valor de la perseverancia y el poder transformador del conocimiento.

Gracias a ti, he tenido la oportunidad de expandir mis horizontes, adquirir nuevas habilidades y cultivar mi pasión por el aprendizaje. Tu acto de generosidad ha impactado profundamente mi vida y mi futuro.

Hoy, dedico este logro a ti, mi querida tía, como un testimonio de gratitud eterna. Tu apoyo ha sido un faro de esperanza y una fuente de inspiración en mi camino educativo. Siempre llevaré conmigo el recuerdo de tu inmensa generosidad y estaré motivado a honrar tu sacrificio, aprovechando cada oportunidad que se me presente.

Gracias, tía, por creer en mí y darme el regalo más valioso: una educación que transforma vidas. Este logro es también tuyo, y mi éxito es un reflejo de tu amor incondicional y tu dedicación hacia mi futuro, te amo.

Así mismo a mi padre, Orlando Guarín, mi madre, Margarita Guarín, mi hermano, Sebastian Guarín y mi hermana Slendy Guarín quienes han sido mi mayor inspiración y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por su amor, paciencia y sacrificio, sin los cuales no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

A mi amigo cercano, Nicolas le dedico este logro. Gracias por tu amistad, por estar ahí en los momentos difíciles y por celebrar juntos los triunfos. Tu compañía ha hecho que este camino sea más gratificante y significativo.

Dedico este trabajo a mis abuelas, Maria y Teresa cuyo amor, sabiduría y ejemplo de vida han sido una fuente constante de inspiración. Aunque ya no estés conmigo mi querida abuelita Maria, tu legado perdura en mi corazón y en cada logro que alcanzo.

Por último, dedico esta tesis a todas las personas que luchan por la búsqueda del conocimiento y por un mundo mejor. Que este trabajo contribuya, aunque sea en una pequeña medida, al avance y desarrollo de la sociedad.

A todos aquellos que mencione y a quienes, por alguna razón, no nombre, les agradezco profundamente por su presencia en mi vida y por formar parte de este logro académico. Sin su amor, apoyo y aliento, esta tesis no hubiera sido posible.

Esta tesis está dedicada a ustedes, con gratitud y cariño,
Daniel Felipe Guarín Gomez

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi orientador, el Dr. Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga por su valiosa guía, conocimientos y paciencia. Su asesoramiento experto y sus comentarios constructivos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

También deseo agradecer a los docentes quienes han compartido generosamente sus conocimientos y experiencias académicas conmigo. Sus enseñanzas y consejos han enriquecido mi formación profesional.

Asimismo, quiero agradecer a mi amigo que fue mi compañero de tesis por sus valiosas aportaciones, tiempo y disposición para compartir sus experiencias y conocimientos han sido fundamentales para obtener los resultados y conclusiones presentados en este trabajo.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia. Su amor incondicional, apoyo emocional y palabras de aliento han sido mi mayor fortaleza en los momentos de dificultad. Su confianza en mí y su comprensión durante los largos periodos de dedicación a esta investigación son invaluable.

Gracias a todos por ser parte de esta experiencia y por ayudarme a lograr este importante logro en mi vida académica.

Daniel Felipe Guarín Gómez

Dedicatoria

Quiero dedicar este proyecto de grado a todas las personas que hicieron posible que esté aquí hoy. En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme brindado sabiduría, paciencia y resiliencia en los momentos difíciles. Su guía y fortaleza espiritual han sido fundamentales en mi camino académico.

A mis padres, en especial a mi madre Martha, quiero expresarle un agradecimiento inmenso. Su enorme esfuerzo y dedicación han sido determinantes en mi éxito académico. Sin su apoyo constante, no estaría aquí culminando este proceso. Me han enseñado valores como el respeto y la responsabilidad, y su amor incondicional ha sido mi mayor motivación.

A mi padre, le agradezco por enseñarme habilidades como la resiliencia y la templanza. Sus consejos y ejemplo me han dado fuerzas para enfrentar los desafíos y superar obstáculos en mi camino. A mis hermanas, Sonia, Milena y Danna, les agradezco su apoyo emocional y su cariño incondicional. Siempre estuvieron ahí para animarme y motivarme a seguir adelante.

Quiero agradecer también a mi compañero de proyecto de grado y amigo, Felipe. Durante todo este trayecto universitario, su compañía y ayuda han sido fundamentales para mi desarrollo como persona. Juntos enfrentamos desafíos, intercambiamos ideas y nos apoyamos mutuamente. Sin su colaboración, no habría llegado hasta aquí.

No puedo dejar de mencionar a mi mejor amigo, Deymon, a quien conocí desde mis primeros días en esta vida universitaria. Su amistad sincera y su apoyo emocional han sido pilares importantes en mi camino. En los momentos difíciles, él estuvo ahí, brindándome aliento y dándome fuerzas para seguir adelante. Sin su ayuda, no habría logrado llegar hasta donde estoy hoy.

Gracias a todos, atentamente,

Nicolas Andrés Espitia Chávez

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por haberme dado la sapiencia necesaria durante toda mi carrera universitaria. También quiero darle un agradecimiento enorme a todas las personas que formaron parte de este viaje académico y que, de una u otra manera, dejaron su huella en este proyecto de grado.

En primer lugar, quiero darle las gracias a mi compa Felipe, mi compañero de tesis. Juntos nos enfrentamos a retos, compartimos ideas y conocimientos, y eso nos ayudó a tener una visión más clara de cómo llevar adelante nuestro proyecto. Sin su colaboración y trabajo en equipo, no hubiéramos llegado tan lejos.

También quiero expresar mi agradecimiento a mi director de proyecto de grado, al Dr. Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Su orientación, experiencia y sabiduría fueron fundamentales para llevar a buen puerto este proyecto. Siempre estuvo allí para guiarnos y sus consejos acertados nos ayudaron a tomar las decisiones correctas.

No puedo olvidarme de mencionar a todos los profesores que tuve a lo largo de mi carrera. Su dedicación y pasión por enseñar han sido vitales en mi formación profesional. Agradezco de corazón su compromiso y su habilidad para transmitir conocimientos de manera clara y efectiva.

Además, quiero dar las gracias a mis amigos y seres queridos por su apoyo incondicional. Sus palabras de aliento y su confianza en mí me dieron fuerzas para superar los momentos difíciles y seguir adelante. Su apoyo ha sido un regalo de incalculable valor.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a nuestra universidad por darnos los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto de grado. Su apoyo ha sido fundamental en mi crecimiento académico y en el logro de mis metas.

Con Todo mi Agradecimiento, Nicolás Andrés Espitia Chávez

Tabla de Contenido

Introducción	14
1. Objetivos	18
1.1 Objetivo General	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
2. Registro y reporte de eventos de la actividad de los sistemas de distribución local de energía eléctrica en los últimos años en Colombia.....	19
2.1 Aspectos generales de registro y reporte de eventos y cálculo de indicadores de calidad media e individual de la resolución CREG 070 de 1998.....	20
2.1.1 Clasificación de eventos de acuerdo con su origen.	21
2.1.2 Indicadores de calidad del servicio prestado	22
2.2 Aspectos generales de registro y reporte de eventos y cálculo de indicadores de calidad media e individual de la resolución CREG 097 de 2008.....	26
2.2.3 Clasificación según el tipo de interrupción.....	27
2.2.4 Exclusión según el tipo de interrupción.....	27
2.2.5 Grupos de calidad	29
2.2.6 Índices de calidad IRAD y ITAD	30
2.2.7 ¿Cómo se realizaban el registro y reporte de la información?.....	35
3. Aspectos generales de registro y reporte de eventos y cálculo de indicadores de calidad media e individual de la resolución CREG 015 de 2018.....	37
3.1 Clasificación de los eventos.....	38
3.2 Exclusión de eventos.....	39
3.3 Calidad media en los sistemas de distribución local.....	41

3.3.2 Indicador SAIFI	42
3.4 Indicadores de calidad individual	42
3.4.1 Grupos de calidad para la medición individual.....	43
3.4.2 Indicador DIU	44
3.4.3 Indicador FIU	45
3.5 Registro de Información de los eventos.....	46
3.6. Aspectos generales de la resolución CREG 101 032 de 2022 que modifíco aspectos del Capítulo 5.2.....	55
3.7 Reporte de Información al CNO	55
4. Aplicativo en Excel para el registro y reporte de eventos e indicadores de calidad del servicio en un sistema de distribución local SDL.....	58
4.1 Ingreso de información previa	58
4.2 Pasos Previos al uso del programa.....	59
4.3 Interfaz inicial e Inicio de Sesión.....	61
4.4 Registro de Eventos	67
5. Conclusiones y Recomendaciones	77
Referencias Bibliográficas	78

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Indicadores de referencia para el primer año de transición según grupos de calidad...</i>	24
Tabla 2 <i>Grupos de calidad, e indicadores de referencia DES, FES en el año 2 y 3</i>	24
Tabla 3. <i>Literales aceptados con respecta a la exclusión de eventos resolución CREG 0 15 de 2018</i>	39
Tabla 4 <i>Nivel de ruralidad y riesgo según la cantidad de habitantes para clasificar el grupo de calidad.....</i>	43
Tabla 5. <i>Causas de eventos según la circular 062 de 2018.....</i>	47
Tabla 6 <i>Formato para reporte de indicadores de SAIFI y SAIDI de los Operadores de Red.....</i>	56
Tabla 7 <i>Reporte de eventos para eventos de alto impacto.....</i>	56
Tabla 8 <i>Código SIC Correspondiente de cada Operador de Red</i>	56
Tabla 9 <i>Tabla para almacenamiento en la base de datos de los sistemas de distribución local .</i>	58
Tabla 10 <i>Listado de Usuarios con su respectivo Usuario y Contraseña.....</i>	62
Tabla 11 <i>Topología de Red para pruebas de uso del programa</i>	63

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Pestaña propiedades para desbloqueo del aplicativo</i>	59
Figura 2 <i>Inicio de sesión como administrador</i>	60
Figura 3 <i>Configuración de impresora para generar reportes en formato PDF</i>	61
Figura 4 <i>Inicio de sesión al aplicativo mediante el usuario ESSA</i>	66
Figura 5 <i>Interfaz para el registro y reporte de eventos del Operador de Red</i>	67
Figura 6 <i>Menú Desplegable con datos a diligenciar para el registro de los eventos</i>	69
Figura 7 <i>listado de causa de eventos del aplicativo</i>	69
Figura 8 <i>Listado de causas de exclusión en el aplicativo</i>	70
Figura 9 <i>Información actualizada en el listado de eventos con la información ingresada</i>	70
Figura 10 <i>Menú para ingresar para cálculos de indicadores de calidad</i>	71
Figura 11 <i>Ventana de cálculo de indicadores SAIFI y SAIDI</i>	72
Figura 12 <i>Calculo de SAIFI y SAIDI según parámetros ingresados</i>	73
Figura 13 <i>Reporte en formato PDF del cálculo del SAIFI y SAIDI</i>	73
Figura 14 <i>Ventana de Cálculo de indicadores DIU y FIU</i>	74
Figura 15 <i>Reporte de eventos para indicadores DIU y FIU</i>	75
Figura 16 <i>Ventana de eventos de alto impacto</i>	75
Figura 17 <i>Reporte según el formato presentado por el CNO en la pestaña Calidad</i>	76
Figura 18 <i>Reporte según el formato presentado por el CNO en la pestaña Eventos</i>	76

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1 <i>Expresión para el cálculo de indicador DES</i>	22
Ecuación 2 <i>Expresión para el cálculo del indicador FESc</i>	23
Ecuación 3 <i>Expresión de cálculo de índice IRAD</i>	30
Ecuación 4 <i>Cálculo de índice referencia por grupo de calidad IRG</i>	31
Ecuación 5 <i>Cálculo de nivel de discontinuidad de referencia por grupo de calidad</i>	32
Ecuación 6 <i>cálculo de nivel de referencia de las interrupciones por transformador</i>	32
Ecuación 7 <i>Cálculo de indicador de calidad Índice Trimestral Agrupado a la Discontinuidad ITAD:</i>	33
Ecuación 8 <i>Expresión para el cálculo Índice Trimestral de Discontinuidad por Grupo de Calidad (ITG)</i>	33
Ecuación 9 <i>Expresión de Cálculo del Nivel de Discontinuidad Trimestral por Grupo de Calidad (NTG).</i>	34
Ecuación 10 <i>Expresión para el cálculo del Nivel Trimestral de las interrupciones por Transformador NTT</i>	35
Ecuación 11 <i>Expresión Para el cálculo del indicador de Calidad SAIDI</i>	41
Ecuación 12 <i>Expresión para el cálculo de indicador SAIFI</i>	42
Ecuación 13 <i>Expresión para el cálculo de indicador de calidad DIU</i>	44
Ecuación 14 <i>Expresión para el cálculo de indicador de calidad FIU</i>	45

Resumen

Título: Desarrollo de un aplicativo en Excel para el registro y reporte de eventos e indicadores de calidad del servicio en un sistema de distribución local SDL.*

Autor: Daniel Felipe Guarín Gómez, Nicolás Andrés Espitia Chávez.**

Palabras Clave: Registro, Eventos, Indicadores

Descripción: El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un aplicativo en Excel para el registro y reporte de eventos en sistemas de distribución local (SDL) de acuerdo con los parámetros establecidos en la resolución CREG 015 de 2018, específicamente en su Capítulo 5.2. Los eventos por registrar incluirán información como el código del evento, fecha, hora de inicio, hora final y código de elementos afectados, estado del evento, número de usuarios afectados, según su nivel de tensión.

Una vez recopilada la información suministrada por el usuario en la base de datos, se calcularán los indicadores de calidad media (SAIFI y SAIDI) e individual (DIU y FIU). El objetivo es lograr la mayor precisión posible en los resultados obtenidos. Para evaluar el funcionamiento del programa, se utilizará un sistema de potencia con Nivel de tensión 1 y 2, generando fallas aleatorias y calculando los indicadores correspondientes.

Este aplicativo en Excel permitirá un registro más eficiente y preciso de los eventos en los sistemas de distribución local, además de facilitar la generación de reportes de calidad de servicio. Al automatizar estos procesos, se reducirán los errores y se agilizará el análisis de los indicadores de calidad, lo que contribuirá a mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en el sistema eléctrico.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mercancías. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Dr Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Development of an Excel application for the registration and reporting of events and service quality indicators in a Local Distribution System (SDL).*

Author(s): Daniel Felipe Guarín Gómez, Nicolás Andrés Espitia Chávez**

Key Words: Registration, Events, Indicators.

Description: The objective of this project is to develop an Excel application for the registration and reporting of events in Local Distribution Systems (SDL) in accordance with the parameters established in Resolution CREG 015 of 2018, specifically in Chapter 5.2. The events to be registered will include information such as event code, date, start time, end time, affected element code, event status, and number of affected users, according to their voltage level.

Once the user-supplied information is collected in the database, the average (SAIFI and SAIDI) and individual (DIU and FIU) quality indicators will be calculated. The aim is to achieve the highest possible accuracy in the obtained results. To evaluate the program's functionality, a power system with Voltage Level 1 and 2 will be used, generating random faults and calculating the corresponding indicators.

This Excel application will enable more efficient and accurate registration of events in local distribution systems, as well as facilitate the generation of service quality reports. By automating these processes, errors will be reduced, and the analysis of quality indicators will be expedited, contributing to improved efficiency and decision-making in the electrical system.

* Degree Work

**Faculty of Physical-Commodity Engineering. School of Electrical, Electronic, and Telecommunications Engineering. Electrical Engineering. Director: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga, Ph.D. in Electrical Engineering.

Introducción

La energía eléctrica es un recurso de vital importancia en el desarrollo de las sociedades contemporáneas, ya que su disponibilidad y calidad tienen un impacto significativo en diversos ámbitos como el social, político, tecnológico y económico de un país. En este sentido, garantizar la continuidad del suministro eléctrico representa un desafío primordial para los Operadores de Red (OR), quienes tienen la responsabilidad de distribuir la energía eléctrica a nivel local.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) en Colombia, en su búsqueda por asegurar una calidad mínima en el servicio de energía eléctrica, ha establecido incentivos o penalizaciones a través de la Resolución 015 de 2018, titulada “Metodología de remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica”. El capítulo 5.2 de esta resolución se centra en la calidad del Sistema de Distribución Local (SDL), donde se resalta la importancia de medir la calidad del servicio en términos de la frecuencia y duración de los eventos, mediante indicadores tanto individuales como colectivos.

Para que los OR puedan acceder a los beneficios establecidos por la CREG, es fundamental que implementen un sistema eficiente de registro y reporte de eventos. Sin embargo, esta tarea presenta desafíos significativos, ya que algunos OR aún no cuentan con la infraestructura necesaria para cumplir con los requisitos establecidos. En este contexto, es relevante destacar los antecedentes a la aplicación de esta resolución.

En primer lugar, la Resolución CREG 070 de 1998, donde se establecieron indicadores de calidad del servicio, metas específicas según grupos de calidad y la obligación de remunerar a los usuarios en caso de incumplimiento. Esta resolución sentó las bases para la mejora del servicio de energía eléctrica, pero no proporcionó un listado detallado de eventos programados y no

programados. Considerando estas circunstancias, surge la necesidad de desarrollar una metodología más precisa y actualizada.

Por último, En la Resolución CREG 097 de 2008, se introdujeron dos nuevos índices para medir la calidad de la energía eléctrica: el ITAD (Índice de Discontinuidad) y el IRAD (Índice de Discontinuidad). Estos índices relacionan la cantidad promedio de Energía No Suministrada (ENS) con la Energía Suministrada (ES) por un Operador de Red (OR) durante un trimestre o período de referencia. Además, se establecieron requisitos para el registro y reporte de eventos. El OR debe mantener un seguimiento cronológico de las interrupciones, diseñar procedimientos de registro certificados por gestión de calidad y preservar la información por dos años. El reporte de información debe realizarse al SUI en formatos mensuales, siendo el LAC el receptor y encargado del cálculo de índices e incentivos.

Es pertinente mencionar que, durante el desarrollo del trabajo de grado, se emitió la Resolución CREG 101 032 de 2022 que modifica algunos de los numerales de la resolución CREG 015 de 2018 en el capítulo 5.2. En su artículo 3, se realizan modificaciones a uno de los incisos del capítulo 5.2.10. Es importante destacar que estas modificaciones se centran específicamente en el esquema de incentivos establecido. Por otro lado, el artículo 4 de dicha resolución modifica la verificación de la información suministrada por los Operadores de Red, en particular en su numeral 5.2.12. Además, el artículo 5 introduce modificaciones al capítulo 5.2.14.3, referente a la forma en que se realizan las conexiones de nuevos usuarios. No obstante, es relevante destacar que estas modificaciones resultan irrelevantes para el desarrollo del trabajo de grado, ya que no alteran ninguno de los objetivos planteados ni la manera en que se debe llevar a cabo el registro y reporte de eventos, ni mucho menos los indicadores de calidad del servicio.

En este contexto, el presente trabajo de grado tiene como objetivo aplicar las disposiciones establecidas en el capítulo 5.2 de la Resolución CREG 015 de 2018, teniendo en cuenta los cuatro índices de calidad media para medir el servicio de energía eléctrica. Estos indicadores son el SAIDI, que mide la duración promedio de las interrupciones percibidas por un usuario conectado al sistema de energía eléctrica, el SAIFI, que mide la cantidad promedio de interrupciones experimentadas por un usuario, y los indicadores de calidad individual FIU y DIU, que representan el número acumulado de eventos y la duración acumulada de eventos percibidos por un usuario en un período de doce meses.

Para el registro de información de los eventos, se establecen varios elementos a considerar, como el código del evento, el tiempo de inicio y finalización con una resolución de milisegundos, los elementos afectados (circuitos o transformadores de diferentes niveles de tensión), la carga total interrumpida o energía no suministrada en kWh por cada evento, y la cantidad de energía declarada como disponible pero no entregada, junto con la identificación del generador afectado. La causa del evento debe seleccionarse de un listado definido por la CREG mediante circular. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 115)

El reporte de información de los eventos debe ser enviado diariamente por el Operador de Red (OR) al LAC durante las 24 horas del día. El informe debe incluir el código del evento, la fecha, la hora inicial y final, los elementos afectados, la causa asimilada a la lista de causas definida por la CREG, indicar si el evento ha finalizado o no, si debe excluirse del cálculo de indicadores debido a que la red estaba en una ZNI (Zona No Interconectada) y si el evento afectó una conexión de generación. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 117)

La implementación de un programa basado en esta resolución permitirá a los Operadores de Red facilitar la transmisión de información al ente regulador y cumplir con los índices de calidad media e individual establecidos. Se reconocen los desafíos para mejorar la calidad individual, especialmente en zonas rurales y ciudades pequeñas del país, según menciona la Superintendencia de Servicios Públicos. Además, se espera que para el año 2021 todos los proveedores cumplan con las metas de calidad media establecidas para cada mercado de comercialización en el país.

En resumen, el objetivo principal de este estudio es abordar la problemática relacionada con el registro y reporte de eventos en el SDL, y proponer una solución mediante el desarrollo de un aplicativo en Excel que cumpla con los requisitos normativos y facilite la evaluación de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar un aplicativo en Excel para el registro y reporte de eventos e indicadores de calidad del servicio en un sistema de distribución local SDL basado en las exigencias de la CREG 015 de 2018.

1.2 Objetivos Específicos

El cumplimiento del objetivo general del trabajo de grado comprende:

- Identificar los requisitos para el registro y reporte de eventos de la CREG 015 de 2018 capítulo 5.2.
- Diseñar un formato en Excel para el registro y reporte de eventos según la resolución.
- Implementar indicadores tanto de calidad media e individual establecidos en la resolución teniendo en cuenta los datos suministrados por el usuario.

2. Registro y reporte de eventos de la actividad de los sistemas de distribución local de energía eléctrica en los últimos años en Colombia.

Las resoluciones CREG 070 de 1998, CREG 097 de 2008 y CREG 015 de 2018 fueron hitos significativos en el fortalecimiento y mejoramiento de la calidad del servicio de electricidad en Colombia.

La Resolución CREG 070 de 1998 estableció un sistema para registrar eventos en el servicio de energía eléctrica, reconociendo la importancia de contar con indicadores de calidad para evaluar y dar seguimiento al servicio brindado a los clientes. Esta decisión clasificó las interrupciones del servicio eléctrico según su duración y origen, proporcionando un marco para su monitoreo y análisis.

Posteriormente, la Resolución CREG 097 de 2008 incluyó dos indicadores más de calidad: el Índice de Discontinuidad (ITAD) y el Índice de Discontinuidad de Referencia (IRAD). Estos indicadores permiten una medición precisa de la calidad general de la energía eléctrica. El ITAD establece una relación entre la cantidad de energía promedio no suministrada y la cantidad utilizada durante un trimestre, proporcionando información importante sobre la confiabilidad y continuidad del suministro. Por otro lado, el IRAD sirve como referencia para evaluar el desempeño del operador de la red en términos de calidad del servicio.

Finalmente, la Resolución CREG 015 de 2018 estableció un esquema para evaluar la calidad del servicio brindado por los operadores de red. Se adoptaron indicadores para medir tanto la calidad media (SAIFI y SAIDI) del Servicio de Distribución Local como la calidad individual (DIU y FIU) percibida por cada usuario. El objetivo fue garantizar un nivel mínimo de calidad individual y reducir la variabilidad en la calidad del servicio en relación con la calidad promedio.

Se establecieron requisitos estrictos para el registro y reporte de eventos, con el fin de garantizar un monitoreo exhaustivo y transparente.

En conjunto, estas resoluciones han fortalecido la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia al establecer un marco normativo claro, introducir indicadores precisos y promover un monitoreo constante. Esto ha permitido evaluar el desempeño de los operadores de red, garantizar estándares de calidad y promover la mejora continua en beneficio de los usuarios. Gracias a estas regulaciones, el suministro de energía eléctrica en el país ha avanzado significativamente, brindando un servicio más confiable y eficiente a la población.

2.1 Aspectos generales de registro y reporte de eventos y cálculo de indicadores de calidad media e individual de la resolución CREG 070 de 1998

La Resolución CREG 070 de 1998 estableció el marco para mejorar la calidad del servicio de suministro de energía al introducir un sistema inicial de registro de eventos para el servicio de electricidad. Esta resolución también reconoció la necesidad de proporcionar indicadores de calidad para evaluar y monitorear el acceso de los usuarios al servicio de electricidad.

La clasificación de las interrupciones de energía se basa en dos características clave: su duración y origen. Estas interrupciones se dividen en tres categorías principales según su duración: interrupciones instantáneas, transitorias e interrupciones temporales. Sin embargo, es importante recalcar que algunas situaciones no se incluyen en esta clasificación. Por ejemplo, las interrupciones programadas son apagones que el operador de la red planea llevar a cabo para mantener o mejorar la infraestructura. Además, se excluye el concepto de "racionalización de emergencia", que se refiere a medidas para equilibrar el suministro y la demanda de energía durante períodos de escasez. De la misma

manera, esta clasificación excluye eventos importantes como desastres naturales y acciones fuera del control del operador de la red. (Resolución CREG 070 de 1998, 1998, págs. 38-39)

En cuanto a la calidad del servicio proporcionado, se calculan indicadores mensuales durante un período de transición. Estos indicadores son herramientas que miden la duración equivalente de las interrupciones (DES) y la frecuencia equivalente de las interrupciones (FES) a nivel de circuito. El DES refleja el tiempo promedio que los clientes pasan sin suministro de energía durante un período específico, mientras que el FES indica el número promedio de interrupciones experimentadas por un cliente durante ese período.

Estos parámetros permiten evaluar el desempeño de los operadores de red y garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos. Además, se fortalecen los requisitos para capturar las interrupciones en las subestaciones del operador de red, lo que permite un monitoreo detallado de los eventos y facilita la adopción de las acciones necesarias para mejorar la calidad del servicio.

2.1.1 Clasificación de eventos de acuerdo con su origen.

El capítulo 6.3.1.2 establece por primera vez cómo se deben clasificar los eventos.

Las interrupciones del servicio de energía se pueden dividir en dos categorías: no programadas y programadas. Las interrupciones no programadas son impredecibles y pueden ser causadas por fallas en el sistema eléctrico, condiciones climáticas desfavorables o accidentes. Por otro lado, el propósito de las interrupciones programadas es realizar mantenimiento, reparaciones o actualizaciones del sistema. Estas interrupciones se planifican con anticipación y se notifica a los usuarios. (Resolución CREG 070 de 1998, 1998, pág. 38)

Ambas categorías de interrupciones se tienen en cuenta al evaluar la calidad del servicio de energía. Para analizar y realizar un seguimiento del impacto en la prestación del servicio, se calculan indicadores relacionados con estas interrupciones. Esto permite evaluar la calidad del suministro eléctrico teniendo en cuenta tanto las interrupciones no programadas como las programadas.

2.1.2 Indicadores de calidad del servicio prestado

En la sección 6.3.2, se muestra cómo se implementarían los indicadores de calidad teniendo en cuenta un período de transición. Los indicadores clave para medir la calidad del servicio eléctrico durante un período de transición se establecen en la Resolución CREG-089 de 1999. Estos indicadores son la frecuencia comparable de interrupción del servicio (FES) y la duración de interrupción del servicio (DES), medidos a nivel de circuito.

El DES se calcula mensualmente en el primer año del período de transición, teniendo en cuenta el tiempo total que un circuito ha estado interrumpido durante los doce meses anteriores. A partir del segundo y tercer año, el DES se calcula trimestralmente sumando el tiempo total de interrupción en cada trimestre, como podemos observar en la siguiente expresión:

$$DES_c = \sum_{i=1}^{NTI} t(i)$$

Ecuación 1 *Expresión para el cálculo de indicador DES*

donde:

DESc: Se refiere a la suma total de tiempo, en horas, de las interrupciones del servicio en un circuito. Esta suma se acumula mensualmente durante cada uno de los

trimestres: del 1 de enero al 31 de marzo, del 1 de abril al 30 de junio, del 1 de julio al 30 de septiembre y del 1 de octubre al 31 de diciembre.

i: Representa una interrupción específica. $t(i)$: Indica el tiempo en horas de la interrupción i-ésima.

NTI: Es el número total de interrupciones que ocurrieron en el circuito, acumuladas mensualmente durante cada uno de los trimestres: del 1 de enero al 31 de marzo, del 1 de abril al 30 de junio, del 1 de julio al 30 de septiembre y del 1 de octubre al 31 de diciembre. (Resolución CREG 089 de 1999, 1999, págs. 6)

El indicador FES, que mide la frecuencia de las interrupciones en los circuitos, se calcula de manera similar al DES durante varios años de transición. La resolución también establece fórmulas más confiables para mantener la calidad del servicio según el nivel de tensión en los años 2 y 3 del período de transición y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$FES_c = NTI$$

Ecuación 2 *Expresión para el cálculo del indicador FESc*

FESc: Se refiere a la suma total del número de veces que el servicio es interrumpido en un circuito durante los últimos doce (12) meses. (Resolución CREG 089 de 1999, 1999, págs. 7)

En caso de que el operador de red no calcule los indicadores o no proporcione la información necesaria, se aplican valores predeterminados en el cálculo del DES y FES, asegurando que se cumplen los estándares de calidad.

en el año 1 según la sección 6.3.3.1, valores máximos admisibles son los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1

Indicadores de referencia para el primer año de transición según grupos de calidad.

AÑO 1	DESc	FESc
GRUPO 1	30	60
GRUPO 2	60	100
GRUPO 3	96	150
GRUPO 4	168	200

En la sección 6.3.3.2 se menciona los posteriores años 2 y 3 posterior a ello se establecerían finalmente como el esquema de indicadores de calidad hasta el año 2008, donde esta resolución sería remplazada por la CREG 097 de 2008

Se presentan a continuación los Valores Máximos Admisibles anuales para los indicadores de calidad del servicio en el año 2 y 3 como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2

Grupos de calidad, e indicadores de referencia DES, FES en el año 2 y 3

GRUPO 1			
AÑO 2		AÑO 3	
DES (Horas)	FES	DES (Horas)	FES
1	19	11	26
2	29	19	44
3	39	29	51
4	61	39	58

El indicador DES se mide en horas y el indicador FES en número de interrupciones para cada período intermedio.

Por último, en el numeral 6.4 se menciona como se llevará a cabo el registro de las interrupciones:

Todas las interrupciones de circuitos en los niveles II, III y IV deben ser reportadas a las subestaciones del Operador de Red (OR). Las interrupciones de los transformadores de distribución y los circuitos de nivel I se contarán a partir del momento en que sean

notificados por el OR o cuando un usuario afectado notifique al OR, según corresponda.

En caso de disputa entre el OR y los usuarios, será responsabilidad del OR llevar a cabo la prueba. (Resolución CREG 070 de 1998, 1998, pág. 47)

En conclusión, La Resolución CREG 070 de 1998 fue un primer paso significativo para fortalecer la calidad del servicio de energía eléctrica al establecer un esquema de registro y definir indicadores de calidad. Sin embargo, este sistema presentaba limitaciones en cuanto al registro y los indicadores utilizados, lo que dificultaba obtener una visión generalizada de la calidad del servicio.

A pesar de los avances logrados con esta resolución, existían desafíos en cuanto a la uniformidad y estandarización de los datos recopilados. El sistema de registro aún dependía en gran medida de los informes de novedades proporcionados por los operadores de red, lo que podía llevar a discrepancias y dificultades en el seguimiento de las interrupciones del servicio.

Además, los indicadores de calidad establecidos en la resolución tenían un enfoque más individualizado y no proporcionaban una visión completa de la calidad del servicio a nivel general. Esto dificultaba comparar el desempeño de diferentes operadores de red y evaluar la calidad del servicio de manera integral.

No obstante, la Resolución CREG 070 de 1998 sentó las bases para el fortalecimiento de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia. Posteriormente, se implementaron nuevas regulaciones, como la Resolución CREG 097 de 2008, que buscaban superar las limitaciones del sistema anterior y establecer un marco más sólido para evaluar la calidad del servicio.

2.2 Aspectos generales de registro y reporte de eventos y cálculo de indicadores de calidad media e individual de la resolución CREG 097 de 2008

La resolución CREG 097 de 2008 marcó un hito significativo al introducir dos nuevos indicadores de calidad, sentando así las bases para un riguroso registro y reporte de eventos. Además, se implementan dos nuevos índices que permitirán medir de manera precisa la calidad de la energía eléctrica.

El primero de estos índices es el ITAD (Índice de Discontinuidad), el cual establecía una relación entre la cantidad promedio de Energía No Suministrada (ENS) y la Energía Suministrada (ES) por un Operador de Red (OR) durante el trimestre de evaluación. Este índice brindará valiosa información sobre la continuidad y fiabilidad del suministro eléctrico. (Resolución CREG 097 de 2008 2008, pág. 10)

El segundo índice es el IRAD (Índice de Discontinuidad de Referencia), que relacionaba la cantidad promedio de Energía No Suministrada (ENS) con la Energía Suministrada (ES) por un OR durante un período de referencia. Este índice servía como punto de comparación para evaluar el desempeño del OR en términos de calidad de suministro. (Resolución CREG 097 de 2008 2008, pág. 10)

En cuanto al registro y reporte de eventos, se estableció pautas estrictas. El OR debía seguir un procedimiento preciso y verificable para el registro de interrupciones. Es de suma importancia que se mantenga un seguimiento cronológico de todas las interrupciones ocurridas en el sistema del OR. Además, cada OR deberá diseñar un procedimiento de registro certificado por gestión de calidad.

La información recopilada durante el registro debía ser cuidadosamente salvaguardada durante un período mínimo de dos años. Además, se deberán mantener los anuncios correspondientes a las

interrupciones programadas. Entre los datos relevantes a recopilar para cada interrupción se encuentran: la causa de la falla, la clasificación (ya sea programada o no programada), la duración de la interrupción y, de manera separada, las interrupciones de menor duración (inferior a un minuto). Asimismo, se deberá proporcionar información complementaria de manera mensual.

Con esta resolución, se busca garantizar un monitoreo exhaustivo y transparente de los eventos, permitiendo una evaluación precisa de la calidad del servicio de energía eléctrica y fomentando la mejora continua en beneficio de los usuarios.

2.2.3 Clasificación según el tipo de interrupción

En la sección 11.2.1.1, se proporciona una definición más precisa de los eventos no programados en relación con la resolución anterior (CREG 070 de 1998). Estos eventos se refieren a interrupciones no informadas por el Operador de Red (OR) o que no han sido planificadas por el mismo. Por otro lado, los eventos programados se refieren a las interrupciones planificadas por el OR para llevar a cabo actividades como expansiones, remodelaciones, mantenimientos, entre otros, en sus redes y equipos.

2.2.4 Exclusión según el tipo de interrupción

Según lo establecido en la sección 11.2.1.2, se excluyen ciertos tipos de interrupciones al calcular los Índices de Discontinuidad y otros componentes relevantes. Estas exclusiones incluyen lo siguiente:

- Interrupciones clasificadas como Causadas por Terceros, Las interrupciones que se excluyen para el cálculo de los índices son aquellas relacionadas con los activos del Sistema de Transmisión Nacional (STN) y el Sistema de Transmisión Regional (STR). También se excluyen las interrupciones solicitadas por organismos

de socorro o autoridades competentes por motivos de seguridad ciudadana. Además, se considera la exclusión de las interrupciones originadas por el racionamiento de emergencia del sistema eléctrico nacional debido a la falta de generación u otros eventos en generación, de acuerdo con las definiciones establecidas por el CND y la regulación de la CREG. Por último, se excluyen las interrupciones que ocurren cuando un activo de Nivel de Tensión 1, que es propiedad de los usuarios, presenta una falla y aún no ha vencido el plazo establecido para su reposición.

- Interrupciones ocasionadas por catástrofes naturales, como erosión volcánica, fluvial o glacial, terremotos, maremotos, huracanes, ciclones y tornados.
- Interrupciones derivadas de actos de terrorismo, así como aquellas provocadas por Acuerdos de Calidad en Zonas Especiales.
- Suspensiones o cortes del servicio debido al incumplimiento del contrato de servicios públicos por parte del usuario.
- Suspensiones o cortes del servicio ocasionados por programas de limitación del suministro al comercializador, y las suspensiones asociadas a proyectos de expansión.
- Trabajos en subestaciones incluidos en un Programa Anual de Reposición y/o Remodelación para Exclusiones, siempre y cuando se notifique a los usuarios afectados con una anticipación mínima de 48 horas y máxima de 8 días a través de un medio de comunicación

masivo. Para cargas industriales, la notificación debe ser de al menos 72 horas y realizarse formalmente por parte de la empresa.

- Interrupciones originadas por exigencias de traslados y adecuaciones de la infraestructura eléctrica por parte de entidades distritales, departamentales, organismos viales u otras autoridades, así como por proyectos de desarrollo en concordancia con los Planes de Ordenamiento Territorial. (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 105)

Los Operadores de Red (OR) debían mantener registros y pruebas que respalden la exclusión de interrupciones mencionadas, notificar a los usuarios sobre interrupciones por trabajos en subestaciones e informar a los Comercializadores sobre incidentes por terrorismo o desastres naturales, y proporcionar estimaciones de recuperación del suministro eléctrico a los usuarios afectados.

2.2.5 Grupos de calidad

En esta resolución prevalece el concepto de grupos de calidad expuesto en el numeral 11.2.2, que es exactamente el mismo a la resolución anterior CREG 070 de 1998:

Grupo 1: Se refiere a los circuitos, tramos o transformadores ubicados en las Cabeceras municipales con una población igual o superior a 100.000 habitantes, según el último dato certificado por el DANE.

Grupo 2: Incluye los circuitos, tramos o transformadores situados en las Cabeceras municipales con una población menor a 100.000 habitantes, pero igual o superior a 50.000 habitantes, según el último dato certificado por el DANE.

Grupo 3: Hace referencia a los circuitos, tramos o transformadores localizados en las Cabeceras municipales con una población inferior a 50.000 habitantes, según el último dato certificado por el DANE.

Grupo 4: Se refiere a los circuitos, tramos o transformadores ubicados en áreas rurales que no corresponden al área urbana del respectivo municipio o distrito. (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 106)

2.2.6 Índices de calidad IRAD y ITAD

En el cual se establecieron dos nuevos indicadores además del DES y el FES, que son el índice de referencia agrupado de la discontinuidad o IRAD, que se calcula según la sección 11.2.3.1 con la siguiente expresión:

$$IRAD_{n,p} = \frac{1}{2} \left[\sum_{k=k_1}^{k_2} \left(\frac{1}{G} \sum_{q=1}^G IRG_{n,q,p,k} \right) \right] = \frac{1}{2} \sum_{k=k_1}^{k_2} IRADK_{n,p,k}$$

Ecuación 3 Expresión de cálculo de índice IRAD

Donde los cálculos y mediciones relacionados con la calidad del servicio eléctrico, se utilizan diferentes índices para evaluar la discontinuidad experimentada por los usuarios. El IRAD_{n,p} representa el promedio trimestral de discontinuidad para usuarios conectados a un nivel de tensión específico durante los años 2006 y 2007. El IRADK_{n,p,k} se refiere al promedio trimestral de discontinuidad percibida por los usuarios del operador de red en ese nivel de tensión durante un trimestre específico del año. Por su parte, el IRG_{n,q,p,k} es una variable modificada que corresponde al índice de discontinuidad por grupo de calidad, considerando el nivel de tensión, el trimestre y el año. Además, se utiliza la variable G para representar la cantidad de grupos de calidad del operador de red, mientras

que k y p indican los años y trimestres respectivos para los cálculos. Los trimestres se dividen de la siguiente manera: el primer trimestre abarca del 1 de enero al 31 de marzo, el segundo trimestre del 1 de abril al 30 de junio, el tercer trimestre del 1 de julio al 30 de septiembre, y el cuarto trimestre del 1 de octubre al 31 de diciembre. (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 107)

El Índice de Referencia de la Discontinuidad por Grupo de Calidad ($IRG_{n,q,p,k}$) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IRG_{n,q,p,k} = \frac{NRG_{n,q,p,k}}{VT_{n,q,p,k}}$$

Ecuación 4 *Cálculo de índice referencia por grupo de calidad IRG*

En el contexto de la evaluación de la calidad del servicio eléctrico, se utilizan dos variables importantes. El $NRG_{n,q,p,k}$ representa el Nivel de Discontinuidad de Referencia por Grupo de Calidad, medido en kilovatios hora (kWh). Este índice considera las interrupciones en cada grupo de calidad q, para el Nivel de Tensión n, durante el trimestre p del año k. Por otro lado, el $VT_{n,q,p,k}$ se refiere a las Ventas de Energía asociadas al grupo de calidad q, en el Nivel de Tensión n y para el trimestre p del año k. Estas ventas se miden en kilovatios hora (kWh) y se basan en la información reportada en la base de datos comercial del Sistema Único de Información (SUI). (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 108)

El Nivel de Discontinuidad de Referencia por Grupo de Calidad ($NRG_{n,q,p,k}$) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NRG_{n,q,p,k} = \sum_{t=1}^{N,n,q,p,k} NRT_{n,t,q,p,k}$$

Ecuación 5 *Cálculo de nivel de discontinuidad de referencia por grupo de calidad*

Y por último el cálculo de nivel de referencia de las interrupciones por transformador el cual se calcula mediante la expresión:

$$NRT_{n,t,q,p,k} = DRT_{n,t,q,p,k} * EPU_{n,q,p,k} * NU_{n,t,q,p,k}$$

Ecuación 6 *cálculo de nivel de referencia de las interrupciones por transformador*

Donde $DRT_{n,t,q,p,k}$ se refiere a la Duración de Referencia, la cual se calcula como la suma en horas de las interrupciones del transformador t , perteneciente al grupo de calidad q y al Nivel de Tensión n , durante el trimestre p del año k . $EPU_{n,q,p,k}$ representa la Energía Promedio Consumida en kilovatios hora (kWh) por los usuarios del grupo de calidad q , en el Nivel de Tensión n , durante el trimestre p del año k . Esta información es reportada por el comercializador y se encuentra en la base de datos comercial del Sistema Único de Información (SUI). $NU_{n,t,q,p,k}$ se refiere al Número Promedio de Usuarios del transformador t , perteneciente al Nivel de Tensión n y al grupo de calidad q , durante el trimestre p del año k . (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 108)

En el numeral 11.2.3.2 hace referencia al índice trimestral agrupado de la discontinuidad o **ITAD** es una medida que representa el promedio de la calidad del servicio prestado por un operador de red (OR). Este índice es calculado por el OR utilizando los registros de interrupciones registradas en la base de datos de calidad del Sistema Único de Información (SUI) que hayan ocurrido en su sistema de distribución durante el trimestre de evaluación mediante la siguiente expresión:

$$ITAD_{n,p} = \frac{1}{G} \sum_{q=1}^G ITG_{n,q,p}$$

Ecuación 7 *Cálculo de indicador de calidad Índice Trimestral Agrupado a la Discontinuidad*

ITAD:

Donde El Índice Trimestral Agrupado de la Discontinuidad (ITAD_{n,p}) se refiere al nivel promedio de discontinuidad del servicio experimentado por todos los usuarios conectados al Nivel de Tensión n de un operador de red (OR) durante el trimestre p. El Índice Trimestral de Discontinuidad por Grupo de Calidad (ITG_{n,q,p}) se calcula para cada grupo de calidad q en el Nivel de Tensión n y durante el trimestre p. La variable G representa la cantidad de grupos de calidad en los que el OR tiene usuarios. El trimestre p corresponde a los cuatro períodos del año: del 1 de enero al 31 de marzo, del 1 de abril al 30 de junio, del 1 de julio al 30 de septiembre y del 1 de octubre al 31 de diciembre. (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 109)

El Índice Trimestral de Discontinuidad por Grupo de Calidad (ITG_{n,q,p}) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$ITG_{n,q,p} = \frac{NTG_{n,q,p}}{VT_{n,q,p}}$$

Ecuación 8 *Expresión para el cálculo Índice Trimestral de Discontinuidad por Grupo de Calidad (ITG)*

Donde El Nivel de Discontinuidad Trimestral por Grupo de Calidad (NTG_{n,q,p}) se refiere a la medida en kilovatios hora (kWh) que representa las interrupciones ocurridas en

cada grupo de calidad q , en el Nivel de Tensión n , durante el trimestre p . $VT_{n,q,p,k}$: Hace referencia a las Ventas de Energía asociadas al grupo de calidad q , en el Nivel de Tensión n y para el trimestre p del año k , medidas en kilovatios hora (kWh), según la información reportada en la base de datos comercial del Sistema Único de Información (SUI). (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 109)

El Nivel de Discontinuidad Trimestral por Grupo de Calidad ($NTG_{n,q,p}$) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NTG_{n,q,p} = \sum_{t=1}^{N_{n,q}} NTT_{n,t,q,p}$$

Ecuación 9 *Expresión de Cálculo del Nivel de Discontinuidad Trimestral por Grupo de Calidad (NTG).*

El Nivel Trimestral de las interrupciones por Transformador ($NTT_{n,t,q,p}$) se refiere a la medida en kilovatios hora (kWh) de las interrupciones experimentadas por cada transformador t , perteneciente al grupo de calidad q y al Nivel de Tensión n , durante el trimestre p . $N_{n,q}$ representa el número total de transformadores en el Nivel de Tensión n y en el grupo de calidad q del respectivo operador de red (OR). (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 109)

El Nivel Trimestral de las interrupciones por Transformador ($NTT_{n,t,q,p}$) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NTT_{n,t,q,p} = DTT_{n,t,q,p} * EPU_{n,q,p} * NU_{n,t,q,p}$$

Ecuación 10 *Expresión para el cálculo del Nivel Trimestral de las interrupciones por Transformador NTT*

El Nivel Trimestral de las interrupciones por Transformador ($DTT_{n,t,q,p}$) se refiere a la duración total de las interrupciones experimentadas por cada transformador t , perteneciente al grupo de calidad q y al Nivel de Tensión n , durante el trimestre p , expresada en horas. $EPU_{n,q,p}$ se refiere a la Energía Promedio Consumida en kilovatios hora por hora (kWh/h) por los usuarios del grupo de calidad q , en el Nivel de Tensión n , durante el trimestre p . Esta información se obtiene a través de los registros proporcionados por el comercializador en la base de datos comercial del Sistema Único de Información (SUI). $NU_{n,t,q,p}$ se refiere al Número Promedio de Usuarios del transformador t , perteneciente al grupo de calidad q , durante el trimestre p , en el Nivel de Tensión n . (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 109)

2.2.7 ¿Cómo se realizaban el registro y reporte de la información?

En el numeral “11.2.5.2 Registro y reporte de la información de las interrupciones”, se proporciona un informe detallado de los aspectos principales que deben tenerse en cuenta.

Dicho informe abarca varios elementos, como la causa de la interrupción, su clasificación y duración, así como información complementaria mensual, en la que se debe consignar la siguiente información que es mencionado en la sección 11.2.5.2.4:

- a) Identificación numérica asignada a cada circuito, tramo de circuito y transformador.
- b) Nombre y código de la subestación que suministra energía a cada circuito.
- c) Cantidad de usuarios conectados en cada circuito, tramo de circuito y transformador.
- d) Registro de las ventas de energía realizadas en cada circuito y transformador.

e) Valor nominal de voltaje en cada circuito y relación de transformación en cada transformador.

f) Categoría de calidad a la que pertenece cada circuito, tramo de circuito y transformador.

g) Longitud de cada circuito o tramo de circuito.

h) Coordenadas geográficas de ubicación de cada circuito y transformador.

i) Cualquier otra información requerida por el Sistema Único de Información (SUI).

Además, se consideran aspectos específicos como el código de cada circuito, tramo de circuito y transformador, el nombre y código de la subestación que alimenta cada circuito, el número de usuarios conectados en cada uno, las ventas de energía en cada circuito y transformador, el voltaje nominal de cada circuito y la relación de transformación en cada transformador. (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, págs. 116-117)

Además de considerar el grupo de calidad, longitud y georreferenciación de los circuitos y transformadores, el SUI solicita otra información. La calidad del servicio de los sistemas de distribución local (SDL) se evalúa trimestralmente en comparación con una referencia establecida, expresada mediante un Índice de Discontinuidad. Este índice relaciona la Energía No Suministrada (ENS) con la Energía Suministrada (ES) por el Operador de Red (OR) a los usuarios conectados a diferentes niveles de tensión.

En relación con el reporte de información, se establece en la sección 11.2.5.2.5 que los Operadores de Red (OR) deben enviar informes mensuales al Sistema Único de Información (SUI) con los datos sobre la calidad del servicio. El Liquidador y Administrador de Cuentas (LAC) recibirá la información original del Sistema de Gestión de Distribución de cada OR y realizará cálculos independientes de los índices utilizados

para incentivos y compensaciones. Es necesario contar con un sistema de telecomunicación entre el OR y el LAC para el intercambio de información y la evaluación de la calidad del servicio. (Resolución CREG 097 de 2008, 2008, pág. 117)

En conclusión, esta regulación logró mejorar los aspectos de la resolución al establecer un esquema de indicadores más generalizado. Sin embargo, su interpretación resultó desafiante y se requirieron múltiples resoluciones para aclarar el cálculo de los indicadores. A pesar de esto, sentó las bases para un registro y reporte efectivos de eventos, lo cual facilitó la verificación y cálculo de los indicadores de calidad a nivel medio e individual. Es importante mencionar que, en 2018, la resolución CREG 015 trajo consigo un cambio completo en el esquema de indicadores, mejorando los requerimientos para el registro y reporte de eventos.

3. Aspectos generales de registro y reporte de eventos y cálculo de indicadores de calidad media e individual de la resolución CREG 015 de 2018

La resolución CREG 015 de 2018 capítulo 5.2 establece que la calidad del servicio brindado por un Operador de Red (OR) se evalúa en términos de la duración y frecuencia de los eventos experimentados por los usuarios conectados a sus redes. Se adoptan indicadores para medir tanto la calidad media (SAIDI y SAIFI) del Servicio de Distribución Local (SDL) del OR como la calidad individual (DIU y FIU) percibida por cada usuario.

El objetivo es establecer un esquema que garantice un nivel mínimo de calidad individual y reduzca la variabilidad en la calidad del servicio proporcionado por el OR en relación con la calidad promedio. Para ello, se definen los conceptos necesarios para la aplicación de este esquema que busque garantizar un nivel mínimo de calidad individual y reducir la variabilidad en la calidad

del servicio. Los usuarios tienen derechos para presentar reclamaciones en caso de interrupciones del servicio.

3.1 Clasificación de los eventos

No se han observado cambios sustanciales en la forma en que se clasifican los eventos en comparación con las resoluciones anteriores. Las descripciones se mantienen muy similares, de acuerdo con lo establecido en la sección 5.2.1 se hace nuevamente la diferenciación entre eventos programados y no programados:

Los eventos no programados son aquellos que surgen de situaciones imprevistas y no fueron previamente planificados por el OR. Estos eventos pueden incluir fallas en los equipos, interrupciones del suministro eléctrico debido a condiciones climáticas adversas o daños en la red causados por accidentes. Por otro lado, los eventos programados son aquellos que son planeados por el OR con el propósito de llevar a cabo diversas acciones, como expansiones, remodelaciones, ampliaciones, reposiciones, mejoras, mantenimientos preventivos y/o correctivos en las redes, instalaciones y equipos. Para estos eventos, el OR tiene la obligación de informar a los usuarios afectados con al menos 48 horas de anticipación, utilizando medios de comunicación masivos para garantizar una adecuada difusión de la información. Además, se debe enviar automáticamente un mensaje de texto o correo electrónico a todos los usuarios con quienes el OR tenga contacto. En el caso de que las cargas industriales se vean afectadas, se realizará una notificación escrita con un tiempo mínimo de 72 horas. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 91)

3.2 Exclusión de eventos

En la sección 5.2.2 se mejora la definición de que eventos pueden ser excluidos de los cálculos de los indicadores tanto de calidad media e individual como se muestra en la tabla 3. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, págs. 92-93)

Tabla 3.

Literales aceptados con respecto a la exclusión de eventos resolución CREG 0 15 de 2018

LITERAL	CAUSA DE EXCLUSIÓN
a	Los menores o iguales a tres (3) minutos.
b	Los debidos a racionamiento programado o a racionamiento de emergencia del sistema eléctrico nacional debido a insuficiencia en la generación nacional o por otros eventos en generación, siempre y cuando así hayan sido definidas por el CND de acuerdo con la regulación de la CREG. El CND mantendrá disponible para los OR la información relacionada con los eventos citados anteriormente, con el fin de que los excluyan del cálculo de los indicadores. Esta información será el soporte para la validación de la exclusión durante el proceso de verificación de la información.
c	Los causados por eventos de activos pertenecientes al STN y al STR. El CND mantendrá disponible para los OR la información relacionada con los eventos citados anteriormente, con el fin de que los excluyan del cálculo de los indicadores. Esta información será el soporte para la validación de la exclusión durante el proceso de verificación de la información.
d	Los eventos requeridos por seguridad ciudadana, solicitados por organismos de socorro o autoridades competentes. El OR debe mantener constancia de las solicitudes para la validación de las exclusiones durante el proceso de verificación de la información.
e	Cuando se daña un activo de nivel de tensión 1 de propiedad de un usuario y el usuario informa al OR sobre su decisión de reponerlo, durante el tiempo que transcurra entre el aviso de falla y la reposición.
f	Cuando se daña un activo de nivel de tensión 1 de propiedad de un usuario y el OR lo debe reponer, durante el tiempo que transcurra entre el aviso de falla y la reposición, siempre y cuando no se supere el límite establecido para el OR en el literal b del numeral 1.1.4.

g	Los debidos a catástrofes naturales, tales como erosión (volcánica, fluvial o glacial), terremotos, maremotos, huracanes, ciclones y/o tornados. El OR debe mantener el soporte dado por la autoridad competente que declaró esta situación para la validación de las exclusiones durante el proceso de verificación de la información. En un término no mayor a 12 horas el OR debe informar al comercializador y este a su vez al usuario, la causa del evento y la fecha y hora estimada de recuperación del suministro del servicio de energía eléctrica.
h	Los debidos a actos de terrorismo. El OR debe mantener el soporte dado por la autoridad competente que declaró esta situación para la validación de las exclusiones durante el proceso de verificación de la información. En un término no mayor a 12 horas el OR debe informar al comercializador y este a su vez al usuario, la causa del evento y la fecha y hora estimada de recuperación del suministro del servicio de energía eléctrica.
i	Los ocurridos fuera de las horas correspondientes a los “períodos de continuidad” acordados en las zonas especiales. El OR debe mantener constancia de los acuerdos para la validación de las exclusiones durante el proceso de verificación de la información
j	Para efectos de contabilizar la calidad del servicio al usuario de alumbrado público, los que lo afecten entre las 6 a.m. y las 6 p.m.
k	Las suspensiones o cortes del servicio por incumplimiento del contrato de servicios públicos por parte del usuario.
l	Las suspensiones o cortes del servicio por programas de limitación del suministro al comercializador. El CND mantendrá disponible para los OR la información relacionada con los eventos citados anteriormente, con el fin de que los excluyan del cálculo de los indicadores. Esta información será el soporte para la validación de la exclusión durante el proceso de verificación de la información.
m	Eventos originados en exigencias de traslados y adecuaciones de la infraestructura eléctrica por parte de entidades distritales, municipales, departamentales, organismos estatales competentes en temas de infraestructura y medio ambiente, o demás autoridades, o por proyectos de desarrollo en concordancia con planes de ordenamiento territorial. El OR debe mantener constancia de estas exigencias, su programación y ejecución real. Esta información será el soporte para la validación de la exclusión durante el proceso de verificación de la información.
n	Los eventos debidos a trabajos de reposición o modernización en subestaciones, siempre que estos trabajos estén incluidos en el plan de inversiones aprobado por la CREG de acuerdo con lo establecido en el capítulo 7, y solo si estos eventos han sido informados a la SSPD

3.3 Calidad media en los sistemas de distribución local

La calidad media está relacionada con la frecuencia y duración que un determinado evento tiene incidencia en un sistema de distribución local a cargo de un OR. Para ser evaluada se debe tener en cuenta lo establecido en la sección 5.2.3.1, los cuales han experimentado cambios significativos en comparación con resoluciones anteriores.

3.3.1 Indicador SAIDI

El SAIDI es un indicador que refleja la duración promedio en horas de los eventos experimentados por cada usuario de SDL en un OR, ya sea que hayan sido afectados o no por el evento, durante el transcurso de un año. Este valor se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$SAIDI_{j,t} = \sum_{m=1}^{12} \frac{\sum_{i=1}^n (D_{i,u,m} * NU_{i,u,m})}{UT_{j,m}} / 60$$

Ecuación 11 *Expresión Para el cálculo del indicador de Calidad SAIDI*

Donde:

El SAIDI_{j,t} indica la duración promedio por usuario de los sucesos en el Sistema de Distribución de Línea Operativa (SDL) del OR j durante el año t, y se expresa en horas anuales. Este indicador se calcula teniendo en cuenta la duración en minutos (D_{i,u,m}) de cada evento i que ocurrió en el mes m y afectó a la propiedad u perteneciente al SDL del OR j. Además, se considera el número de usuarios (NU_{i,u,m}) que resultaron afectados por ese evento durante el mes m, tomando en cuenta únicamente a los usuarios conectados a la propiedad u. Por último, se considera el número total de usuarios (UT_{j,m}) conectados al SDL del OR j durante el mes m. Es importante tener en cuenta que m representa el mes del año t, siendo enero equivalente a 1 y diciembre a 12. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 95)

3.3.2 Indicador SAIFI

El SAIFI proporciona información sobre el promedio del número total de eventos experimentados por todos los usuarios del Sistema de Distribución de Local (SDL) en un periodo específico durante un año, sin importar si los usuarios se vieron afectados por esos eventos o no. Esto se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$SAIFI_{j,t} = \sum_{m=1}^{12} \frac{\sum_{i=1}^n NU_{i,u,m}}{UT_{j,m}}$$

Ecuación 12 *Expresión para el cálculo de indicador SAIFI*

Donde:

El SAIFI_{j,t} es un indicador que muestra la frecuencia promedio de eventos en el Sistema de Distribución de Línea (SDL) del OR j durante el año t por cada usuario, y se expresa en términos del número de eventos por año. Para calcular este indicador, se considera el número de usuarios (NU_{i,u,m}) que fueron afectados por el evento i que ocurrió durante el mes m debido a su conexión con el activo u. Además, se tiene en cuenta el número total de usuarios (UT_{j,t}) que están conectados al SDL del OR j durante el mes m. Es importante tener en cuenta que m representa el mes del año t, donde enero se representa como 1 y diciembre como 12. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 96)

3.4 Indicadores de calidad individual

En los Sistemas de Distribución de Energía (SDL), se emplearán dos indicadores para identificar los niveles de calidad individual del servicio: el Indicador de Duración de Interrupción (DIU) y el Indicador de Frecuencia de Interrupción (FIU).

3.4.1 Grupos de calidad para la medición individual

En el capítulo 5.2.4.1 se detalla el proceso de clasificación de los grupos de calidad, los cuales son creados con el propósito de categorizar áreas geográficas en función de su nivel de ruralidad y el riesgo de fallas en los circuitos eléctricos debido a factores externos. La formación de estos grupos se basa en la identificación de características similares entre las áreas urbanas y rurales de los municipios. Para determinar el grado de ruralidad, se toma en cuenta el tamaño de la población de los municipios, dividiéndolos en áreas urbanas de municipios con más de 100,000 habitantes, áreas urbanas de municipios con menos de 100,000 habitantes y áreas rurales de todos los municipios. Para evaluar el riesgo de fallas se utiliza el índice de riesgo de falla (IRF), el cual considera diversos factores climáticos, atmosféricos, topográficos y fisiográficos, tales como la cantidad de rayos, precipitación, elevación, densidad de descargas, días de lluvia y salinidad. El IRF se divide en tres niveles: bajo, medio y alto. Cada grupo de calidad se identifica mediante una combinación del nivel de ruralidad (IR) y el nivel de riesgo de fallas (IRF). La clasificación establecida en esta resolución se encuentra representada en la tabla 4. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 104)

Tabla 4

Nivel de ruralidad y riesgo según la cantidad de habitantes para clasificar el grupo de calidad.

				NIVEL DE RURALIDAD		
				IR=1	IR=2	IR=3
				≥100.000 habitantes	<100.000 habitantes	Zona rural
NIVEL DE RIESGO	BAJO	IRF≤22	1	11	21	31
	MEDIO	22<IRF≤45	2	12	22	32
	ALTO	45<IRF≤100	3	13	23	33

3.4.2 Indicador DIU

El DIU, que representa la duración total de los eventos experimentados por cada usuario en el SDL de un Operador de Red (OR) durante un período anual. Se establece mediante la siguiente expresión:

$$DIU_{u,n,q,m} = \sum_{ma=m-11}^m DIUM_{u,n,q,ma}$$

$$DIUM_{u,n,q,m} = \sum_{i=1}^{IT} DIU_{i,u,n,q,m}$$

Ecuación 13 *Expresión para el cálculo de indicador de calidad DIU*

El indicador $DIU_{u,n,q,m}$ representa la duración total acumulada en horas de los eventos experimentados por el usuario u , conectado al nivel de tensión n y perteneciente al grupo de calidad q , durante un período de doce meses que concluye en el mes m de evaluación. Por otro lado, el indicador $DIUM_{u,n,q,m}$ indica la duración en horas de todos los eventos experimentados por el usuario u , conectado al nivel de tensión n y perteneciente al grupo de calidad q , durante el mes m de evaluación. Además, el valor de $DI_{i,u,n,q,m}$ refleja la duración en horas de un evento específico que afectó al usuario u , conectado al nivel de tensión n y perteneciente al grupo de calidad q , durante el mes m . Estos indicadores son útiles para medir y evaluar la duración de los eventos experimentados por cada usuario en el SDL. Por último, el valor de IT representa el número total de eventos ocurridos en el mes m . (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 105)

Con el uso de estos indicadores, se puede evaluar la calidad del servicio brindado a nivel individual, identificando la duración de los eventos experimentados por los usuarios y analizando

los resultados en función de los grupos de calidad a los que pertenecen. Esta información es esencial para mejorar y mantener un servicio eléctrico confiable y eficiente en el SDL.

3.4.3 Indicador FIU

El indicador FIU se utiliza para medir la cantidad total de eventos percibidos por cada usuario en el Sistema de Distribución de Local (SDL) de un Operador de Red (OR) durante un período anual. Su cálculo se realiza con la siguiente expresión:

$$FIU_{u,n,q,m} = \sum_{ma=m-11}^m FIUM_{u,n,q,ma}$$

$$FIUM_{u,n,q,m} = \sum_{i=1}^{IT} F_{i,u,n,q,m}$$

Ecuación 14 *Expresión para el cálculo de indicador de calidad FIU*

El indicador $FIU_{u,n,q,m}$ representa el número total acumulado de eventos percibidos por el usuario u , conectado al nivel de tensión n y perteneciente al grupo de calidad q , durante un período de doce meses que finaliza en el mes m de evaluación. Por otro lado, $FIUM_{u,n,q,m}$ corresponde al número total de eventos percibidos por el usuario u , conectado al nivel de tensión n y perteneciente al grupo de calidad q , durante el mes m de evaluación. Cada evento individual, representado por $F_{i,u,n,q,m}$, refiere a un evento específico que ha afectado al usuario u , conectado al nivel de tensión n y perteneciente al grupo de calidad q , durante el mes m . Estos indicadores permiten cuantificar la cantidad de eventos experimentados por cada usuario en el Sistema de Distribución de Línea (SDL). Para obtener el valor acumulado, se suman todos los eventos percibidos por el usuario a lo

largo de un período de doce meses, y también se registran los eventos ocurridos en un mes específico. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 105-106)

El indicador FIU permite cuantificar la cantidad de eventos experimentados por cada usuario en el SDL. Se suman todos los eventos percibidos por el usuario durante un período de doce meses para obtener el valor acumulado, y también se registran los eventos ocurridos en un mes específico.

Se definen también indicadores de referencia, que representan un límite máximo anual de interrupciones en horas (DIUG) y el número de eventos (FIUG) que el OR debe garantizar a los usuarios del SDL. Estos indicadores se establecen para cada OR, por grupo de calidad y por nivel de tensión. Para el nivel 1, se establecen de manera específica, mientras que para los niveles 2 y 3 se considera de forma agregada.

3.5 Registro de Información de los eventos.

En la sección 5.2.11.2 se establece como se deberán medir los eventos que ocurran en la que se establecen los principales criterios a registrar en cada evento:

código de evento, estampa de tiempo de inicio y finalización del evento en una resolución de un (1) milisegundo del evento, código de elementos afectados, ya sea circuitos de niveles de tensión 1, 2 o 3 o transformadores de niveles de tensión 1, 2 o 3, causa del evento, carga total interrumpida o energía no suministrada en kWh por cada evento, y, de existir, cantidad de energía declarada como disponible que no puede ser entregada e identificación del generador afectado. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 115)

Las causas mencionadas en literal d fueron generadas por el CNO estableció un listado de 42 eventos entre los cuales existen eventos programados y no

programados y sus posibles causas de exclusión como se puede observar en la Tabla 5 (Circular 062 de 2018, 2018), donde tenemos el código del evento, la causa del evento asociado a este evento, la descripción del mismo, su clasificación y su causa de exclusión.

Tabla 5.

Causas de eventos según la circular 062 de 2018

CÓDIGO	CAUSA DE EVENTO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	CAUSA DE EXCLUSIÓN
1	Afectación de usuarios de transformador por desconexión programada de un único usuario	Apertura causada a usuarios de un transformador debido a la desconexión de un único usuario.	Programada	No Excluida
2	Apertura por ejecución de esquemas suplementarios	Aperturas por actuaciones de esquemas suplementarios que operan en el SDL	No programada	No Excluida
3	Aperturas programadas en zonas especiales por fuera del periodo de continuidad acordado	Apertura programada en el activo que conforma una zona especial, por fuera de las horas correspondientes a los periodos de continuidad acordados	Programada	i
4	Incumplimiento en contrato de servicios públicos por parte del usuario	Apertura solicitada por el comercializador debido al incumplimiento del contrato de condiciones uniformes	Programada	k
5	Interrupción programada que afecta usuarios de alumbrado público, sucedida entre las 6 a.m. y las 6 p.m.	Evento programado en redes o transformadores a los que se conectan usuarios de alumbrado público, sucedido entre las 6 a.m. y las 6 p.m.	Programada	j

6	Interrupción no programada que afecta usuarios de alumbrado público, sucedida entre las 6 a.m. y las 6 p.m.	Evento no programado en redes o transformadores a los que se conectan usuarios de alumbrado público, sucedido entre las 6 a.m. y las 6 p.m.	No programada	j
7	Limitación del suministro por incumplimiento del comercializador	Apertura solicitada por el CND en cumplimiento de un programa de limitación de suministro aplicable a los clientes de un determinado comercializador que incumple con los requisitos establecidos en la regulación vigente	Programada	l
8	Mantenimiento del transformador de potencia o de sus equipos asociados	Apertura por mantenimiento en el transformador de potencia del SDL y sus equipos o módulos de conexión asociados, remunerados en el SDL.	Programada	No Excluida
9	Mantenimiento preventivo sobre las redes	Apertura generada para realizar trabajos de mantenimiento preventivo sobre las redes o alrededor de ellas (poda de árboles)	Programada	No Excluida

10	Plan anual de trabajos de reposición o modernización de subestaciones	Apertura por trabajos de modernización o reposición de subestaciones incluidos en el plan de inversiones aprobado por la CREG e informados a la SSPD y a los usuarios afectados, según los términos definidos en el literal n. del numeral 5.2.2. de la Resolución CREG 015 de 2018	Programada	No Excluida
11	Proyectos de adecuaciones y traslado de infraestructura eléctrica	Apertura por proyectos relacionados con adecuaciones y traslados de infraestructura eléctrica o planes de ordenamiento territorial solicitados por entes gubernamentales, entidades distritales, municipales, departamentales, organismos estatales competentes en temas de infraestructura y medio ambiente, o demás autoridades, o por proyectos de desarrollo en concordancia con planes de ordenamiento territorial	Programada	m

12	Racionamiento en el SIN	Apertura por racionamiento programado o por racionamiento de emergencia del sistema eléctrico nacional debido a insuficiencia en la generación nacional o por otros eventos en generación o transmisión, siempre y cuando así hayan sido definidos por el CND.	Programada	b
13	Remodelación, reposición o ampliación de redes en el SDL	Apertura generada por trabajos de remodelación, reposición o ampliación de las redes de distribución que no corresponden a los descritos en el literal n. del numeral 5.2.2 del anexo general de la Resolución CREG 015 de 2018.	Programada	No Excluida
14	Solicitud de particulares propietarios del activo	Apertura solicitada por el usuario propietario de su activo	Programada	No Excluida
15	Acciones de terceros	Apertura generada por acciones de terceros, tales como vandalismo, robo de infraestructura, asonada, choques de vehículos, excavadoras, drone, parapentes, cableoperadores o aeronaves, contra las redes del SDL o contra las estructuras que las soportan	No programada	No Excluida
16	Acercamiento entre redes del SDL	Apertura generada por acercamiento entre redes de un mismo circuito o entre redes de diferentes circuitos	No programada	No Excluida
17	Actos de terrorismo	Apertura generada por la ocurrencia de un atentado terrorista	No programada	h

18	Afectación por fallas en redes de otros OR	Apertura en el SDL causada por falla en redes de otro operador de red	No programada	No Excluida
19	Animales sobre las redes del SDL	Apertura generada por el contacto de animales con las redes del SDL	No programada	No Excluida
20	Apertura en redes del SDL por causa de equipos o líneas del STN o STR	Interrupciones en el SDL por apertura programada o no programada de equipos o líneas remuneradas en el STR o el STN	No programada	c
21	Apertura por actuación de esquemas de protección en SDL	Apertura por variación de tensión en el STN, STR o SDL, que genera actuación de esquemas de protección en el SDL	No programada	No Excluida
22	Apertura por equipo o material con defecto de fabricación	Apertura generada por la utilización de un equipo o material con defecto de fabricación en cualquier elemento del SDL	No programada	No Excluida
23	Apertura por pérdida de aislamiento	Apertura generada por pérdida de aislamiento asociada a condiciones de humedad, salinidad, corrosión entre otras en algún elemento del SDL	No programada	No Excluida
24	Apertura urgente para garantizar la continuidad del servicio	Apertura en el SDL generada por necesidades propias urgentes por una condición insegura de la red	No programada	No Excluida
25	Aperturas causadas por autogeneradores	Aperturas causadas en las redes del SDL por Autogeneradores o generadores distribuidos	No programada	No Excluida
26	Aperturas no programadas en zonas especiales por fuera del periodo de continuidad acordado.	Apertura no programada en el activo que conforma una zona especial, por fuera de las horas correspondientes a los periodos de continuidad acordados	No programada	i

27	Árbol o rama sobre redes del SDL	Apertura generada por el contacto de árboles o ramas con las redes del SDL.	No programada	No Excluida
28	Catástrofes naturales	Apertura debida a catástrofes naturales, tales como erosión (volcánica, fluvial o glacial), terremotos, maremotos, huracanes, ciclones y/o tornados	No programada	g
29	Causa desconocida	Apertura generada por una causa que no es posible identificar	No programada	No Excluida
30	Condiciones atmosféricas	Apertura generada por la acción de condiciones atmosféricas tales como riadas, lluvias, vientos y descargas eléctricas	No programada	No Excluida
31	Error de operación	Apertura generada al realizar maniobras erróneas sobre la red o sus elementos asociados	No programada	No Excluida
32	Falla activo nivel 1 propiedad particular	Apertura de activo de nivel 1 de propiedad particular. El usuario informa sobre su decisión de reponerlo, o el mismo es reparado por el OR, respetando el límite establecido por el literal b del numeral 1.1.4 de la Resolución CREG 015/2018	No programada	e y f
33	Falla del transformador de potencia o en sus equipos asociados	Apertura por falla en el transformador de potencia y sus equipos asociados, remunerados en el SDL	No programada	No Excluida
34	Falla en elementos de protección de la red del SDL	Apertura generada por operación incorrecta de los elementos de protección	No programada	No Excluida

35	Falla en equipos de red	Apertura generada por la falla de equipos instalados en la red tales como: reconectores, suiches, cuchillas, seccionador, condensador, regulador, seccionalizadores y equipos temporales de corte (llaves Faca)	No programada	No Excluida
36	Falla en la coordinación de protecciones	Aperturas por fallas en los esquemas de coordinación de protecciones en el SDL	No programada	No Excluida
37	Falla en postes y/o crucetas en el SDL	Apertura generada por falla en los postes, crucetas o estructuras que soportan las redes	No programada	No Excluida
38	Falla en redes de baja tensión	Apertura de elementos de MT por fallas debidas a baja tensión	No programada	No Excluida
39	Falla en redes de distribución y elementos asociados	Apertura generada por falla en redes del SDL, desnudas o aisladas, y en cualquiera de los elementos que las conforman tales como conectores, barras, aisladores, vientos, entre otros	No programada	No Excluida
40	Falla en transformador de distribución o sus elementos asociados.	Apertura generada por falla en transformador de distribución o cualquiera de sus elementos asociados	No programada	No Excluida
41	Seguridad ciudadana	Apertura solicitada por organismos de socorro o autoridades competentes para atender emergencias	No programada	d
42	Sobrecarga de la red del SDL	Apertura generada por sobrepasar los límites de cargabilidad de los interruptores de los circuitos o	No programada	No Excluida

		reconectores en la red		
--	--	------------------------	--	--

En cuanto al procedimiento de reporte diario al LAC se deberá tener en cuenta las pautas presentes en el numeral 5.2.11.3.2 las cuales son:

código de evento, fecha (dd/mm/aaaa), hora inicial (hh:mm:ss), hora final (hh:mm:ss), código del elemento afectado (transformador de nivel de tensión 1, 2 o 3, o circuito de nivel de tensión 1, 2 o 3), causa asimilada a alguna de las identificadas en el listado de causas publicado en la circular de la CREG, de que trata el numeral 5.2.11.2, En caso de que el evento haya finalizado, se debe indicar con la letra N que el evento no continúa. En caso de que el evento no haya finalizado, se debe identificar con la letra S, que el evento continúa. Para la aplicación del numeral 5.2.14, se debe indicar si el evento debe excluirse del cálculo de indicadores, dado que la red estaba en una ZNI. Para la aplicación del numeral 5.2.8 el OR debe informar si el evento afectó una conexión de generación. (Resolución CREG 015 de 2018, 2018, pág. 117)

Se establece la posibilidad de modificar o eliminar eventos reportados en los informes diarios en caso de que se hayan cometido errores. Para llevar a cabo esta acción, el Operador de Red (OR) debe proporcionar al LAC, en los medios disponibles, un comprobante de radicación ante la SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios) del informe justificando la modificación o eliminación de los eventos. Dicho informe debe detallar, fundamentar y demostrar las razones que motivaron la modificación o eliminación del evento.

3.6. Aspectos generales de la resolución CREG 101 032 de 2022 que modifico aspectos del Capítulo 5.2

Durante el desarrollo del trabajo de grado, es importante destacar que se publicó la Resolución CREG 101 032 de 2022, la cual modifica algunos numerales establecidos en la Resolución CREG 015 de 2018 en el Capítulo 5.2.

En su Artículo 3, se realizan cambios a una de las citas del Capítulo 5.2.10. Es fundamental destacar que estos cambios se centran únicamente en el esquema de incentivos establecido. Por otro lado, el Artículo 4 de esta resolución modifica la verificación de la información presentada por los operadores de red, específicamente en su sección número 5.2.12. Además, se incluyen cambios en el Capítulo 5.2.14.3 sobre cómo se realizan las conexiones con nuevos usuarios en el Artículo 5. (Resolución CREG 101 032 de 2022, 2022)

No obstante, es relevante destacar que estas modificaciones resultan intrascendentes para el desarrollo del trabajo de grado, ya que no alteran ninguno de los objetivos planteados ni la manera en que se debe llevar a cabo el registro y reporte de eventos, ni mucho menos los indicadores de calidad del servicio.

3.7 Reporte de Información al CNO

Según el acuerdo 1674 del CNO, (Centro Nacional de Despacho, 2023) el cual establece los formatos para en Excel para el reporte de eventos, presenta dos tipos de secciones:

Primero los eventos correspondientes a los indicadores de calidad donde se presentará el SAIFI y SAIDI anual que cada operador de red tiene junto con el año de cálculo y el código SIC del operador de red, como se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6

Formato para reporte de indicadores de SAIFI y SAIDI de los Operadores de Red

Año	Código SIC Operador de Red	SAIDI	SAIFI

Segundo, Formato para registro de eventos de alto impacto, según las definiciones de la CREG 015 de 2018 es considerado un evento de alto impacto cuando este afecta a más de cincuenta mil (50,000) usuarios a la vez, por más de tres horas o si afecta a más de treinta por ciento de los usuarios de un Operador de red por un tiempo mayor a tres horas, y serán registrados en el formato de la tabla 7:

Tabla 7

Reporte de eventos para eventos de alto impacto.

		FORMATO		
Fecha	Codigo Único del Evento	Codigo SIC agente	Duracion en horas	Cantidad Usuarios Afectados

En la Tabla 8 se mostrará el Código SIC de los Operadores de red, su número de usuarios aproximado hasta el año 2022 (Centro Nacional de Despacho, 2023)

Tabla 8

Código SIC Correspondiente de cada Operador de Red

Código SIC OR	Nombre Corto	Usuarios	Nombre del Operador de Red
EVSD	EMEVASI	11921	EMPRESA DE ENERGIA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.

CQTD	ELECTROCAQUETA	118796	ELECTRIFICADORA DEL CAQUETA S.A. E.S.P.
EBPD	BAJO PUTUMAYO	35414	EMPRESA DE ENERGIA DEL BAJO PUTUMAYO S.A E.S.P
CMMD	CARIBEMAR	1550351	CARIBEMAR DE LA COSTA S.A.S E.S.P
ENID	ENELAR	96206	EMPRESA DE ENERGIA DE ARAUCA E.S.P
CSSD	AIR-E	11240	AIR-E S.A.S. E.S.P
CDND	CEDENAR	515208	CENTRALES ELECTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.
CASD	ENERCA	157518	EMPRESA DE ENERGIA DE CASANARE S.A. E.S.P
EDPD	DISPAC	106157	EMPRESA DISTRIBUIDORA DEL PACIFICO S.A E.S.P
EPSD Tolima	CELSIA TOLIMA	566904	CELSIA COLOMBIA S.A E.S.P
EPTD	PUTUMAYO	43740	EMPRESA DE ENERGIA DEL PUTUMAYO S.A E. S.P
EMED	EMEE	1806	EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGIA ELECTRICA S.A E.S.P
CHCD	CHEC	545726	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS S.A E.S.P
HLAD	ELECTROHUILA	437857	ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A E.S.P
CEOD	CEO	438955	COMPAÑÍA ENERGETICA DE OCCIDENTE S.A.S E.S.P
ESSD	ESSA	920530	ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A E.S.P
EMSD	EMSA	379238	ELECTRIFICADORA DEL META S.A E.S.P
CNSD	CENS	598730	CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE SANTANDER S.A E.S.P
EPMD	EPM	2774345	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN E.S.P
EEPD Cartago	EEP	49880	EMPRESA DE ENERGIA DE PEREIRA S.A E.S.P
EMID	EMCALI	777014	EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E E.S.P
EGVD	ENERGUAVIARE	27128	EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DEL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE S.A E.S.P
EPSD Valle	CELSIA VALLE	646309	CELSIA COLOMBIA S.A E.S.P
RTQD	RUITOQUE	2652	RUITOQUE S.A E.S.P
ENDD	ENEL	3828470	ENEL COLOMBIA SA ESP
EEPD Pereira	EEPEREIRA	199372	EMPRESA DE ENERGIA DE PEREIRA S.A E.S.P
EBSD	EBSA	538961	EMPRESA DE BOYACA S.A E.S.P
EDQD	EDEQ	214569	EMPRESA DE ENERGIA DEL QUINDIO S.A E.S.P
CETD	CETSA	66857	COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULUA S.A E.SP

4. Aplicativo en Excel para el registro y reporte de eventos e indicadores de calidad del servicio en un sistema de distribución local SDL

Se desarrolló una aplicación en Excel (versión 2301 año 2023), para el registro y reporte de eventos. Esta aplicación permite a los operadores de red mantener un registro continuo de los eventos que ocurren a lo largo del tiempo, a través de una interfaz minimalista. En este registro, cada operador de red debe informar al soporte técnico (los autores de este proyecto de grado) sobre los usuarios conectados al sistema, con el objetivo de establecer una topología de red basada en los datos proporcionados.

Además, el programa ofrece la funcionalidad de generar informes en formato PDF, tanto de calidad media como individuales, donde se muestra el tipo de eventos que afectaron al cálculo del evento. Estos informes son fácilmente verificables por el usuario.

4.1 Ingreso de información previa

Para que el programa funcione correctamente, el usuario debe proporcionar al soporte técnico la siguiente información sobre los usuarios disponibles en la red:

- Número de identificación del usuario.
- Circuito al que pertenece el usuario.
- Transformador al que está conectado el usuario.

Estos datos serán agregados a la base de datos del programa para su correcto funcionamiento y deben ser entregados como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9

Tabla para almacenamiento en la base de datos de los sistemas de distribución local

USUARIO	CIRCUITO	TRANSFORMADOR
1	93501	701651
2	93501	701651

Presentar la información de esta forma nos permitirá más adelante que el cálculo de los indicadores tanto de calidad media como individual funcionen correctamente.

4.2 Pasos Previos al uso del programa

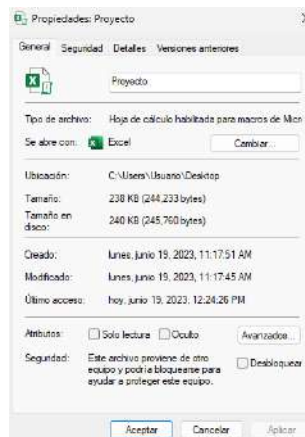
Cuando abrimos el programa de Excel por primera vez y nos encontramos con un archivo que contiene macros, es posible que nuestra computadora bloquee el archivo. Para desbloquearlo, debemos seguir los siguientes pasos:

1. Abrir el archivo de Excel por primera vez.
2. Cerrar el archivo una vez que hayamos terminado.
3. Hacer clic derecho sobre el archivo de Excel.
4. Seleccionar "Propiedades" en el menú desplegable que aparece.
5. En la ventana de propiedades, buscar la pestaña "Desbloquear" y hacer clic en ella.
6. Aceptar los cambios realizados.

Puedes ver una imagen de referencia que muestra estos pasos en la figura 1.

Figura 1

Pestaña propiedades para desbloqueo del aplicativo.



Una vez hecho esto debemos ingresar como administrador en la pantalla de inicio de sesión donde realizaremos una configuración previa en el apartado de impresión, de esta forma se generará correctamente el reporte en formato PDF, primero debemos ingresar como administrador en el inicio de sesión, como se muestra en la figura 2, luego pulsar en inicio de sesión

Figura 2

Inicio de sesión como administrador



The image shows a login window titled "Iniciar Sesión" with a close button (X) in the top right corner. The main heading is "REGISTRO Y REPORTE DE EVENTOS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN LOCAL". Below this is the instruction "Ingresar Usuario y Contraseña". There are two input fields: "USUARIO" with the text "Admin" and "CONTRASEÑA" with the text "admin". To the right of the password field is a small square icon. Below the input fields are three buttons: "Iniciar Sesión", "Cerrar", and "Presentación de Aplicativo".

Una vez que hayamos realizado los pasos anteriores, nos dirigiremos a la pestaña "Reporte de eventos". A continuación, procederemos a configurar la impresora siguiendo estos pasos:

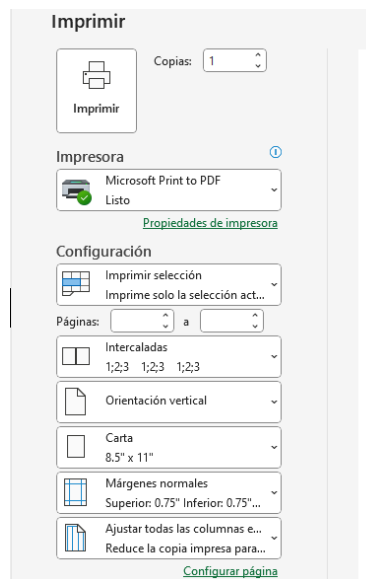
1. En la barra de menú, seleccionamos la opción "Archivo".
2. En el menú desplegable, elegimos la opción "Imprimir".
3. Se abrirá una ventana de configuración de impresión. En esta ventana, buscamos la opción de "Configuración" y la seleccionamos.
4. En la configuración de impresión, elegimos la opción "Imprimir selección" para asegurarnos de que solo se imprima el contenido seleccionado.

5. Luego, nos dirigimos a la sección de "Escalado" y seleccionamos la opción "Ajustar todo a una sola columna". Esto garantizará que el contenido se ajuste correctamente en una sola columna de la página impresa.
6. Por último, podemos ajustar las márgenes según nuestras preferencias personales.

En la figura 3 tiene una representación visual de los pasos descritos:

Figura 3

Configuración de impresora para generar reportes en formato PDF.



7. Una vez hayamos completado este proceso, podremos utilizar el programa sin problemas.

4.3 Interfaz inicial e Inicio de Sesión

Para iniciar sesión, es importante tener en cuenta que el programa está habilitado únicamente para los usuarios y contraseñas especificados en la tabla 10.

Tabla 10

Listado de Usuarios con su respectivo Usuario y Contraseña.

USUARIO	CONTRASEÑA
EMEVASI	EMEVASI
ELECTROCAQUETA	ELECTROCAQUETA
BAJO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO
CARIBEMAR	CARIBEMAR
ENELAR	ENELAR
AIR-E	AIR-E
CEDENAR	CEDENAR
ENERCA	ENERCA
DISPAC	DISPAC
CELSIA TOLIMA	CELSIA TOLIMA
PUTUMAYO	PUTUMAYO
EMEE	EMEE
CHEC	CHEC
ELECTROHUILA	ELECTROHUILA
CEO	CEO
ESSA	ESSA
EMSA	EMSA
CENS	CENS
EPM	EPM
EEP	EEP
EMCALI	EMCALI
ENERGUAVIARE	ENERGUAVIARE
CELSIA VALLE	CELSIA VALLE
RUITOQUE	RUITOQUE
ENELAR	ENELAR
EEPEREIRA	EEPEREIRA
EBSA	EBSA
EDEQ	EDEQ
CETSA	CETSA

En este caso, procederemos se realizaron pruebas con el usuario ESSA y la topología de red que se muestra en la tabla 4, donde en la primera columna aparece el usuario, en segundo lugar, el circuito al que está conectado este usuario y por último el transformador al que se encuentra este usuario conectado, En esta tabla se indican el usuario, el circuito y el transformador al que dicho usuario está conectado, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Topología de Red para pruebas de uso del programa

USUARIO	CIRCUITO	TRANSFORMADOR
1	93501	701651
2	93501	701651
3	93501	701651
4	93501	701651
5	93501	701651
6	93501	701684
7	93501	701684
8	93501	701684
9	93501	701684
10	93501	701684
11	93501	7792196
12	93501	7792196
13	93501	7792196
14	93501	7792196
15	93501	7792196
16	93501	701661
17	93501	701661
18	93501	701661
19	93501	701661
20	93501	701661
21	93501	701671
22	93501	701671
23	93501	701671
24	93501	701671
25	93501	701671
26	93501	701779
27	93501	701779

28	93501	701779
29	93501	701779
30	93501	701779
31	93501	701660
32	93501	701660
33	93501	701660
34	93501	701660
35	93501	701660
36	93501	701652
37	93501	701652
38	93501	701652
39	93501	701652
40	93501	701652
41	93501	701672
42	93501	701672
43	93501	701672
44	93501	701672
45	93501	701672
46	93501	701672
47	93501	701672
48	93501	701672
49	93501	701672
50	93501	701672
51	93501	701685
52	93501	701685
53	93501	701685
54	93501	701685
55	93501	701685
56	93501	7789291
57	93501	7789291
58	93501	7789291
59	93501	7789291
60	93501	7789291
61	93501	701662
62	93501	701662
63	93501	701662
64	93501	701662
65	93501	701662
66	93501	7797472
67	93501	7797472

68	93501	7797472
69	93501	7797472
70	93501	7797472
71	93501	701653
72	93501	701653
73	93501	701653
74	93501	701653
75	93501	701653
76	93501	7798644
77	93501	7798644
78	93501	7798644
79	93501	7798644
80	93501	7798644
81	93501	892127
82	93501	892127
83	93501	892127
84	93501	892127
85	93501	892127
86	93501	701681
87	93501	701681
88	93501	701681
89	93501	701681
90	93501	701681
91	93501	7781160
92	93501	7781160
93	93501	7781160
94	93501	7781160
95	93501	7781160
96	93501	7797545
97	93501	7797545
98	93501	7797545
99	93501	7797545
100	93501	7797545
101	93501	701686
102	93501	701686
103	93501	701686
104	93501	701686
105	93501	701686
106	93501	701680
107	93501	701680

108	93501	701680
109	93501	701680
110	93501	701680

A continuación, procederemos a iniciar sesión en la Electrificadora de Santander S.A.S utilizando el usuario "ESSA" y la contraseña correspondiente, que también es "ESSA", como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Inicio de sesión al aplicativo mediante el usuario ESSA

The screenshot shows a login window titled "Iniciar Sesión". The window contains the following elements:

- REGISTRO Y REPORTE DE EVENTOS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN LOCAL**
- Ingresar Usuario y Contraseña**
- USUARIO** input field containing "ESSA"
- CONTRASEÑA** input field containing "ESSA" with a visibility toggle icon
- Iniciar Sesión** button
- Cerrar** button
- Presentación de Aplicativo** button

A continuación, se abrirá una ventana que mostrará una pantalla con los eventos asociados al OR ingresado. En dicha pantalla, se podrán visualizar el código del evento, la fecha y hora de inicio y finalización, el código del elemento afectado, la causa del evento (siguiendo las especificaciones de la Circular 062 de 2018), la cantidad de energía no suministrada en kWh, la

- Operador de red: se completará automáticamente según la sesión iniciada.
- Código del evento: corresponde a la lista de eventos del 1 al 42 de la Circular 062 de 2018.
- Fecha: momento en el que ocurrió el evento.
- Hora de inicio: hora de inicio del evento.
- Hora final: hora en la que finalizó el evento.
- Código del elemento afectado: corresponde a la lista proporcionada en la tabla 4. Se puede ingresar el código del circuito o el número del transformador. Si se ingresa un valor que no está en la base de datos, no se tendrá en cuenta para el cálculo de indicadores ni se incluirá en el informe. Por lo tanto, es fundamental mantener esta información actualizada constantemente.
- Nivel de tensión: se debe ingresar con los valores 1, 2 o 3.
- Estado del evento: "S" para indicar que el evento ha finalizado y "N" para indicar que el evento aún está en curso.
- Tipo de conexión afectada: se puede ingresar si fue de generación, transmisión, distribución o usuario final.
- Energía no suministrada en kWh: carga total interrumpida o energía no suministrada en kWh para cada evento.
- Cantidad disponible no suministrada: cantidad de energía declarada como disponible que no pudo ser entregada.

En la figura 6 se muestra la interfaz para rellenar los datos de registro

Dentro de la misma ventana, también podemos hacer clic en el listado de causas de exclusión, el cual proporcionará información correspondiente a la tabla 3, como se muestra en la figura 8.

Figura 8

Listado de causas de exclusión en el aplicativo

LISTA DE CAUSAS DE EXCLUSIÓN

LITERAL	CAUSA DE EXCLUSIÓN
a	Los menores o iguales a tres (3) minutos.
b	Los debidos a racionamiento programado o a racionamiento de emergencia del sistema eléctrico nacional debido a insuficiencia en la generación nacional o por otros eventos en generación, siempre y cuando así hayan sido.
c	Los causados por eventos de activos pertenecientes al STN y al STR. El CND mantendrá disponible para los OR la información relacionada con los eventos citados anteriormente, con el fin de que los excluyan del cálculo de
d	Los eventos requeridos por seguridad ciudadana, solicitados por organismos de socorro o autoridades competentes. El OR debe mantener constancia de las solicitudes para la validación de las exclusiones durante el proceso
e	Cuando se dañe un activo de nivel de tensión 1 de propiedad de un usuario y el usuario informa al OR sobre su decisión de repararlo, durante el tiempo que transcurre entre el aviso de falla y la reposición.
f	Cuando se dañe un activo de nivel de tensión 1 de propiedad de un usuario y el OR lo debe reponer, durante el tiempo que transcurre entre el aviso de falla y la reposición, siempre y cuando no se supere el límite establecido
g	Los debidos a catástrofes naturales, tales como erosión (volcánica, fluvial o glacial), terremotos, maremotos, huracanes, ciclones y/o tornados. El OR debe mantener el soporte dado por la autoridad competente que declaró
h	Los debidos a actos de terrorismo. El OR debe mantener el soporte dado por la autoridad competente que declaró esta situación para la validación de las exclusiones durante el proceso de verificación de la información. El
i	Los ocurridos fuera de las horas correspondientes a los "periodos de continuidad" acordados en las zonas especiales. El OR debe mantener constancia de los acuerdos para la validación de las exclusiones durante el proceso
j	Para efectos de contabilizar la calidad del servicio al usuario de alumbrado público, los que lo afecten entre las 6 a.m. y las 6 p.m.
k	Las suspensiones o cortes del servicio por incumplimiento del contrato de servicios públicos por parte del usuario.
l	Las suspensiones o cortes del servicio por programas de limitación del suministro al comercializador. El CND mantendrá disponible para los OR la información relacionada con los eventos citados anteriormente, con el fin de
m	Eventos originados en exigencias de traslados y adecuaciones de la infraestructura eléctrica por parte de entidades distritales, municipales, departamentales, organismos estatales competentes en temas de infraestructura
n	Los eventos debidos a trabajos de reposición o modernización en subestaciones, siempre que estos trabajos estén incluidos en el plan de inversiones aprobado por la CREG de acuerdo con lo establecido en el capítulo 7, y

ATRAS

De vuelta en el menú inicial ingresamos la información correspondiente para el registro de una de las ventanas y pulsamos en el botón agregar en la parte inferior izquierda

Como podemos observar en la figura 9 el registro se actualiza automáticamente con la información que acabamos de ingresar:

Figura 9

Información actualizada en el listado de eventos con la información ingresada

REGISTRO Y REPORTE DE E

OPERADOR DE RED	CÓDIGO DEL EVENTO	FECHA	HORA INICIAL	HORA FINAL	CÓDIGO DE ELEMENTOS AFECTADOS	NIVEL DE TENSIÓN	C
ESSA	9	24/07/2023	15:15:00	19:00:00	93501	3	M

Ahora, con una base de datos amplia, procederemos a hacer clic en el botón "Indicadores", donde se abrirá una ventana con dos opciones: "Calidad Media" y "Calidad Individual" y generar reporte de eventos de alto impacto, como se muestra en la figura 10. En este caso, seleccionaremos primero la opción "Calidad Media".

Figura 10

Menú para ingresar para cálculos de indicadores de calidad



Posteriormente se abrirá un menú el mostrado en la figura 11, donde para calcular el SAIFI y el SAIDI teniendo en cuenta nuestros registros debemos ingresar:

Se proporcionan dos opciones para elegir el año de cálculo o filtrado de datos de eventos:

- **Ventana de cálculo:** Si se desea establecer un rango de meses, desde un mes inicial hasta un mes final. De esta manera, se calcularán los indicadores SAIDI y SAIFI para el período seleccionado.
- **Cálculo para un mes específico:** Si se prefiere calcular los indicadores SAIDI y SAIFI para un único mes determinado.

Además, se encuentran dos botones adicionales:

- **Calcular:** Permite realizar los cálculos correspondientes a los indicadores seleccionados y mostrar los resultados.

- Generar reporte en formato PDF: Permite generar un informe en formato PDF con la información ingresada y los resultados obtenidos.

Es importante destacar que, en la ventana de cálculo, se puede elegir también un elemento específico de la lista de opciones proporcionada en la tabla 11 para realizar el cálculo de los indicadores relacionados con dicho elemento.

Figura 11

Ventana de cálculo de indicadores SAIFI y SAIDI

The screenshot shows a software window titled "CALCULO DE INDICADORES DE CALIDAD MEDIA". It features several input fields and buttons. At the top right is a close button (X). Below it are four input fields: "Año de Calculo", "Mes" (with a dropdown arrow), "Mes 2" (with a dropdown arrow), and "Codigo de Elemento". To the right of these fields are three buttons: "ATRAS", "CALCULAR", and "GENERAR REPORTE". Below the input fields are two sets of radio buttons. The first set is for "¿Desea realizar una ventana de Calculo?" with options "SI" and "NO". The second set is for "¿Desea Calcular un Elemento Especifico?" with options "SI" and "NO". Below these are two input fields for "SAIFI" and "SAIDI", both containing the value "0". At the bottom, there are two more input fields for "SAIFI DE REFERENCIA" and "SAIDI DE REFERENCIA", both containing the value "0".

En este ejemplo, ingresaremos los datos correspondientes al año 2023, estableciendo una ventana de cálculo del mes 7. Además, seleccionaremos el código de elemento del circuito principal 93501 para realizar el cálculo de los indicadores SAIFI y SAIDI específicamente para este elemento, como se muestra en la figura 12.

Además, el programa también proporciona la posibilidad de observar los indicadores SAIFI y SAIDI de referencia, los cuales pueden servir como punto de comparación o referencia para evaluar los resultados obtenidos.

Figura 12

Calculo de SAIFI y SAIDI según parámetros ingresados

Por último, para generar reporte en formato PDF le damos clic en el botón “Generar reporte” y nos produce un archivo PDF con la siguiente tabla, en el podemos observar el listado de eventos que contribuyeron al cálculo del SAIFI y SAIDI como se puede observar en la figura 13.

Figura 13

Reporte en formato PDF del cálculo del SAIFI y SAIDI

REPORTE DE EVENTOS E INDICADORES SAIFI Y SAIDI												
FECHA DE CONSULTA:	7/24/2023	VENTANA DE CÁLCULO		MES DE INICIO	7	MES FINAL	7	AÑO	2023			
SUMA DE DURACIÓN DE EVENTOS * USUARIOS AFECTADOS(D*U)	24840.00	SUMA DE USUARIOS AFECTADOS		125	SAIFI	1.14	SAIDI	3.76				
TOTAL DE USUARIOS DE AÑO DE CÁLCULO	110	CÓDIGO DE ELEMENTO AFECTADO		Todos	SAIFI DE REFERENCIA	32.30	SAIDI DE REFERENCIA	25				
LISTADO DE EVENTOS												
CÓDIGO DEL EVENTO	FECHA	HORA INICIAL	HORA FINAL	CÓDIGO DE ELEMENTOS AFECTADOS	NIVEL DE TENSIÓN	ESTADO DEL EVENTO	CAUSA DE EXCLUSIÓN	TIPO DE CONEXIÓN AFECTADA	DURACIÓN DE EVENTO EN MINUTOS	NUMERO DE USUARIOS AFECTADOS	D*U	
9	24/07/2023	15:15:00	19:00:00	93501	3	N	No Excluida	TRANSMISIÓN	225	110	24750	
22	20/07/2023	10:50:05	10:54:00	701672	2	S	No Excluida	DISTRIBUCIÓN	4	10	40	
2	10/07/2023	18:39:15	18:49:33	701661	2	S	No Excluida	DISTRIBUCIÓN	10	5	50	

Por último, verificaremos la pestaña de "Calidad Individual". En esta sección, tenemos la opción de ingresar el año de cálculo y seleccionar el usuario al cual deseamos hacerle seguimiento

de los indicadores DIU (Duración de Interrupción por Usuario) y FIU (Frecuencia de Interrupción por Usuario).

Además, encontraremos dos botones disponibles tanto para calcular los indicadores seleccionados como para generar un reporte en formato PDF con la información ingresada y los resultados obtenidos.

Seleccionaremos un usuario entre los 110 que tenemos y dejaremos la misma ventana de calculo que en el reporte anterior, como se muestra en la figura 14.

Figura 14

Ventana de Cálculo de indicadores DIU y FIU

The screenshot shows a web application window titled "Calidad del Servicio Individual". It contains a form with the following elements:

Año de Calculo	USUARIO	Mes	Mes 2	
2023	25	7		ATRAS
				CALCULAR
¿Desea realizar una ventana de Calculo? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO		FIU	DIU	GENERAR REPORTE
		1	225	

Exactamente, al generar el informe en formato PDF en la pestaña de "Calidad Individual", se mostrarán los eventos que contribuyeron al cálculo de los indicadores individuales DIU y FIU. Además de estos indicadores calculados, el informe también incluirá los datos más relevantes que deben tenerse en cuenta, proporcionando una visión detallada de la calidad del servicio y las interrupciones experimentadas por el usuario específico seleccionado, como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Reporte de eventos para indicadores DIU y FIU

REPORTE DE EVENTOS E INDICADORES DIU Y FIU												
FECHA DE CONSULTA:	7/24/2023	VENTANA DE CÁLCULO	MES DE INICIO	7	MES FINAL	7	AÑO	2023				
USUARIO	25.00	DIU			225.00	FIU			1.00			
CÓDIGO DE ELEMENTO (CIRCUITO)				93501	CÓDIGO DE ELEMENTO (TRANSFORMADOR)				701671			
LISTADO DE EVENTOS												
CÓDIGO DEL EVENTO	FECHA	HORA INICIAL	HORA FINAL	CÓDIGO DE ELEMENTOS AFECTADOS	NIVEL DE TENSIÓN	ESTADO DEL EVENTO	CAUSA DE EXCLUSIÓN	TIPO DE CONEXIÓN AFECTADA	DURACIÓN DE EVENTO EN MINUTOS	MES	AÑO	
9	24/07/2023	15:15:00	19:00:00	93501	3	N	No Excluida	TRANSMISIÓN	225	7	2023	

En la sección de eventos de alto impacto esta la opción de generar el reporte de acuerdo con el CNO, en la figura 16 se puede observar los datos a ingresar para obtener información tanto del SAIFI y SAIDI de ese año y los eventos de alto impacto relacionados con el Operador de Red.

Figura 16

Ventana de eventos de alto impacto

The screenshot shows a window titled "Eventos de Alto Impacto" with a close button (X) in the top right corner. The window has an orange background and contains the following elements:

- Año de Calculo:** A text input field containing "2023".
- SAIFI:** A text input field containing "2.2272727273".
- SAIDI:** A text input field containing "3.8696969697".
- Buttons:**
 - "ATRÁS" (Back) button in the top right.
 - "CALCULAR" (Calculate) button in the middle right, highlighted with a dashed border.
 - "GENERAR REPORTE" (Generate Report) button in the bottom right.

Para generar un reporte de acuerdo con la sección 3.7 de este informe se da clic en generar reporte, que se guardará en el escritorio con el nombre de "Reporte CNO" y mostrará la

información de la figura 17 y figura 18, en el ejemplo que realizamos se muestra un evento de alto impacto de 3.75 horas que afecto a 110 personas, en este caso a todos los usuarios, dado que el circuito que estamos utilizando tiene solamente 110 usuarios para simular el funcionamiento del programa.

Figura 17

Reporte según el formato presentado por el CNO en la pestaña Calidad

Año	Código SIC Operador de Red	SAIDI	SAIFI
2023	ESSD	3.86969697	2.22727273

Figura 18

Reporte según el formato presentado por el CNO en la pestaña Eventos

FORMATO				
FECHA	Código Único del Evento	Código SIC agente	Duración en horas	Cantidad Usuarios Afectados
24/07/2023	1333425	ESSD	3.75	110

5. Conclusiones y Recomendaciones

En conclusión, este proyecto se enfocó en abordar la importancia de garantizar el debido registro y reporte de eventos para los Operadores de Red (OR) en Colombia, siguiendo las regulaciones establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Para lograr este objetivo, se desarrolló un aplicativo en Excel que cumplía con los requisitos de registro y reporte de eventos e indicadores de calidad del servicio, tanto a nivel de calidad media (SAIFI y SAIDI) como a nivel individual (DIU y FIU), de acuerdo con la Resolución CREG 015 de 2018 capítulo 5.2. Durante el proceso, se establecieron metas como identificar los requisitos normativos, diseñar el formato en Excel y llevar a cabo la implementación de los indicadores de calidad.

La implementación de esta herramienta permitirá a los Operadores de Red contar con una solución eficiente para el registro y reporte de eventos, así como para el cálculo de los indicadores de calidad del servicio. Esto les facilitará cumplir con los estándares establecidos por la CREG y acceder a los beneficios correspondientes, además de poder llevar un seguimiento de los activos de sistema que más aportan al cálculo de los indicadores y planear actividades tanto de mantenimiento preventivo como mantenimiento anual a estos activos.

Referencias Bibliográficas

- Centro Nacional de Despacho. (19 de Junio de 2023). *CNO.ORG*. Obtenido de [https://www.cno.org.co/content/acuerdo-1674-por-el-cual-se-aprueba-el-envio-del-reporte-de-los-informes-y#:~:text=ACUERDA%3A,hacen%20parte%20integral%20del%20mismo](https://www.cno.org.co/content/acuerdo-1674-por-el-cual-se-aprueba-el-formato-para-el-envio-del-reporte-de-los-informes-y#:~:text=ACUERDA%3A,hacen%20parte%20integral%20del%20mismo)
- Centro Nacional de Despacho. (19 de Junio de 2023). *Sinergox XM*. Obtenido de https://sinergox.xm.com.co/infms/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc={D1862583-075B-4971-A01B-BAAE80BCEE56}&file=Informe%20Operadores%20de%20Red%20-%202022.pdf&action=default
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (1999, 9 de junio). *Resolución CREG 025 de 1999*.
Alejandria. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0025_1999.htm
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (1998, 28 de mayo). *Resolución CREG 070 de 1998*.
Alejandría. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0070_1998.htm
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (1999, 22 de diciembre). *Resolución CREG 089 de 1999*.
Alejandría. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0089_1999.htm
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2008, 26 de septiembre). *CREG 097 de 2008*.
Alejandría. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0097_2008.htm

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2018, 29 de Agosto). *Circular 062 DE 2018*.

Alejandria. Obtenido de

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/circular_creg_0062_2018.htm

Comisión de Regulación de Energia y Gas. (2018, 3 de febrero). *Resolución CREG 015 de 2018*.

Alejandría. Obtenido de

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0015_2018.htm

Comisión de Regulación de Energia y Gas. (2022, 5 de Octubre). *Resolución 101 032 de 2022*.

Alejandría. Obtenido de

<https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/originales/Creg101%20032/>

Microsoft. (2023). Excel (Versión 2301) [Software de computador]. Office 365.

<https://www.microsoft.com/es-co/microsoft-365/excel?rtc=1>