

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



**ANÁLISIS DE FALLAS EN LA DERIVACIÓN FSW363 DEL CIRCUITO
PALDONJUANA DEL SDL DE CENS.**

CARLOS EDUARDO RIVERA GUERRERO

PAMPLONA, COLOMBIA

2019

**ANÁLISIS DE FALLAS EN LA DERIVACIÓN FSW363 DEL CIRCUITO
PALDONJUANA DEL SDL DE CENS.**

Carlos Eduardo Rivera Guerrero

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Eléctrico

Director:

M.SC (C) YESID SANTAFE RAMON

Codirector:

ING. HELFAR FREDID RICO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PAMPLONA, COLOMBIA

2019

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la Vida, por la salud, por el trabajo y por la oportunidad de cursar los estudios de Ingeniería Eléctrica en tan prestigiosa institución como lo es la Universidad de Pamplona.

Especial gratitud, a mis padres Victor Manuel Rivera Mogollón, Socorro Guerrero Meaury y hermano Manuel Andrés, que con ánimo y cercanía me apoyaron incondicionalmente en cada proyecto que inicié y terminé con éxito.

A todos los profesores que impartieron de una manera amplia, objetiva y con dedicación los conocimientos que me permitieron ver otros horizontes y proyectar a futuro un mejoramiento académico y laboral.

A la Empresa de Centrales Eléctricas CENS por permitirme hacer la pasantía y por el acompañamiento del Ingeniero Hefar Fredid Rico Ramírez, por su disponibilidad de tiempo y manera de enseñarme a fortalecer mis conocimientos. Igualmente al equipo de trabajo que me aceptó y apoyo en todo momento para terminar exitosamente esta gran experiencia.

Contenido

Tabla de contenido

1.	MARCO TEÓRICO.....	21
1.1	Aislador.....	21
1.2	Cuerpo del aislador.....	21
1.3	Aislador tipo espiga o pin.....	21
1.4	Aislador de suspensión.....	21
1.5	Unidad aisladora de suspensión.....	21
1.6	Cadena de aisladores.....	22
1.7	Activos de conexión a un STR o a un SDL.....	22
1.8	Evento.....	22
1.9	Indisponibilidad.....	22
1.10	TENSIONES A BAJA FRECUENCIA.....	22
1.10.1	Baja frecuencia.....	22
1.10.2	Tensión de flameo a baja frecuencia (de un aislador).....	22
1.10.3	Tensión sostenida a baja frecuencia (de un aislador).....	23
1.10.4	Tensión de perforación a baja frecuencia (de un aislador).....	23
1.11	TENSIONES DE IMPULSO.....	23
1.11.1	Onda de impulso.....	23
1.11.2	Tensión de flameo al impulso.....	23
1.11.3	Tensión de flameo a impulso critico (de un aislador).....	23
1.11.4	Tensión sostenida al impulso (de un aislador).....	23
1.12	Niveles de tensión.....	23
1.13	Sistema de Distribución Local, SDL.....	24
1.14	Usuario.....	24
1.15	SAIDI.....	24
1.16	SAIFI.....	24
1.17	Sistema de Puesta a Tierra (SPT).....	25
1.18	Falla.....	25
1.19	BIL.....	25
1.20	CIRCUITO.....	26
1.20.1	CIRCUITO PRINCIPAL.....	26
1.20.2	CIRCUITO DE SUPLENCIA.....	26
1.20.3	CIRCUITO RAMAL.....	26
1.21	CONDICIÓN INSEGURA.....	26
1.22	CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO.....	26
1.23	CONTRATISTA.....	26
1.24	TRANSFORMADORES.....	27

1.25	INTERRUPTORES, RECONECTADORES Y SECCIONADORES DE MEDIA TENSIÓN.....	27
1.26	FUSIBLES	27
1.27	Descargas atmosféricas	28
1.28	Exhibición de rayos positivos.....	28
1.29	Exposición de rayos negativos.....	28
2.	Selección de los arranques y transformadores que hacen parte de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS	29
3.	Determinación del impacto en número de fallas, duración y número de usuarios afectados.....	33
3.1	FALLAS EN TRANSFORMADORES.....	33
3.1.1	Número De Fallas	33
3.1.2	Duración De Las Fallas.....	39
3.2	FALLAS EN ARRANQUES.....	44
3.2.1	Número De Fallas	44
3.2.2	Duración De Las Fallas.....	51
3.3	NÚMERO DE USUARIOS AFECTADOS	56
4.	ANALIZAR LAS DERIVACIONES DEFINIDAS COMO CRÍTICAS CON LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE ACTIVOS DE CENS.....	59
4.1	Transformadores.....	68
4.1.1	Causa actúa fusible	68
4.1.2	Causa falla en trafo.....	70
4.1.3	Causa falla poste y/o estructura.....	71
4.1.4	Fallas en la red	72
4.1.5	Trafo fallado.....	74
4.1.6	Top 10 de transformadores con más duración de desconexión	76
4.2	Arranques	78
4.2.1	Top 10 de arranques con más duración de desconexión	80
4.3	Costos.....	82
4.3.1	Costos 2018.....	89
4.4	Reporte preliminar	91
4.5	Árbol de fallas en arranques top 10	93
4.6	Árbol De Fallas En Transformadores Top 10.....	100
4.7	Verificación de descargas atmosféricas.....	108
4.7.1	Transformadores.....	110
4.7.2	Arranques	112

5. Recomendar acciones correctivas para mitigar las fallas en la derivación FSW363.	
115	
5.1 Descargas atmosféricas	115
5.2 Recomendaciones para causa ramas en la red.....	127
5.3 Coordinación de protecciones	128
5.4 Falla en aislamiento	129
6. PLANTEAR UN PLAN DE MEJORAMIENTO BASADO EN GESTIÓN DE ACTIVOS PARA MITIGAR O CORREGIR LAS FALLAS EN LA DERIVACIÓN FSW363.	138
7. Conclusiones	142
7.1.1 CONCLUSIONES	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Circuito PALDONJUANA y derivación FSW363	29
Gráfica 2 Diagrama resumen del capítulo 2	32
Gráfica 3 Número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA.....	34
Gráfica 4 Número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	35
Gráfica 5 Número de fallas en los transformadores de la derivación FSW363	36
Gráfica 6 Número de fallas en los transformadores de la derivación fsw363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018	38
Gráfica 7 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2016.....	38
Gráfica 8 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2017.....	39
Gráfica 9 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2016.....	39
Gráfica 10 Duración de las fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA	40
Gráfica 11 Duración de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	42
Gráfica 12 Duración de las fallas en los transformadores de la derivación FSW363	43
GRÁFICA 13 Duración de fallas en los transformadores de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	44
Gráfica 14 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA.....	45
Gráfica 15 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018	47
Gráfica 16 Número de fallas en los arranques de la derivación FSW363	48
Gráfica 17 Número de fallas en los arranques de la derivación Fsw363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	49
Gráfica 18 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2016.....	50
Gráfica 19 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2017.....	50
Gráfica 20 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2018.....	51
Gráfica 21 Duración de las fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA	52
Gráfica 22 Duración de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018	53
Gráfica 23 Duración de las fallas en los arranques de la derivación FSW363.....	54
Gráfica 24 Duración de fallas en los arranques de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018	56
Gráfica 25 SAIDI derivación FSW363	57
Gráfica 26 SAIFI Derivación FSW363	58
Gráfica 27 Cantidad de eventos por causa de actúa fusible	68
Gráfica 28 Subcausas de actúa fusible	69
Gráfica 29 Eventos vs duración de las subcausas de actúa fusible.....	69
Gráfica 30 Cantidad de eventos por causa falla en trafo.....	70
Gráfica 31 Subcausas de falla en trafo	70

Gráfica 32 Eventos vs duración de las subcausas de falla en trafo	71
Gráfica 33 Falla poste y/o estructura.....	71
Gráfica 34 Eventos vs duración de las subcausas de falla poste y/o estructura ..	72
Gráfica 35 Cantidad de eventos por causa falla en la red.....	72
Gráfica 36 Subcausas de fallas en la red.....	73
Gráfica 37 Eventos vs duración de las subcausas de fallas en la red.....	74
Gráfica 38 Cantidad de eventos por causa trafo fallado	74
Gráfica 39 Subcausas de trafo fallado	75
Gráfica 40 Eventos vs duración de las subcausas de trafo fallado	75
Gráfica 41 TOP 10 DE LOS TRANSFORMADORES CON MÁS TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD Y SU CAUSAS DE FALLA 2016	76
Gráfica 42 Top 10 de los transformadores con más tiempo de indisponibilidad y subcausas de falla 2017	77
Gráfica 44 Cantidad de eventos por causas en arranques	78
Gráfica 45 Número de causas vs duración en horas	79
Gráfica 46 Top 10 de los arranques con más tiempo de indisponibilidad y subcausas de falla 2016.....	80
Gráfica 47 Top 10 de los arranques con más tiempo de indisponibilidad y subcausas de falla 2017.....	81
Gráfica 48 Top 10 de los arranques con más tiempo de indisponibilidad y su causas de falla 2018.....	81

LISTA ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 Desarrollo de la metodología para el análisis de fallas	59
Ilustración 2 Diagrama de causa - efecto (espina de pescado).....	65
Ilustración 3 Mapa de causas.....	65
Ilustración 4 Árbol de fallas	66
Ilustración 5 Definición de acciones	66
Ilustración 6 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW364	93
Ilustración 7 técnica de análisis árbol de fallas en el arranque BSW5642	94
Ilustración 8 técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW363.....	94
Ilustración 9 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque PASW3868.....	95
Ilustración 10 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW365	96
Ilustración 11 técnica de análisis árbol de fallas en el arranque ESW6994	97
Ilustración 12 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque BSW5927	98
Ilustración 13 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW369	98
Ilustración 14 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque BSW6011	99
Ilustración 15 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW375	100
Ilustración 16 técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04266	100
Ilustración 17 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T07362	101
Ilustración 18 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04263	102
Ilustración 19 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04248	103
Ilustración 20 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04235	104
Ilustración 21 Técnica De Análisis Árbol De Fallas En El Transformador 1t04264	105
Ilustración 22 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04239	105
Ilustración 23 Técnica De análisis árbol de fallas en el transformador 1T04268.....	106
Ilustración 24 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T08096	107
Ilustración 25 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T09827	107
Ilustración 26 Mapa Colombia 11 de mayo de 2018 evento reportado por CENS 07:03 horas	109
Ilustración 27 Mapa de Norte de Santander 11 de mayo de 2018 evento reportado por CENS 07:03 horas.....	109
Ilustración 28 Ejemplo 1	111
Ilustración 29 ejemplo 2	111
Ilustración 30 Ejemplo 3.....	112
Ilustración 31 Ejemplo 1 Arranques	114
Ilustración 32 Ejemplo 2 Arranques	114
Ilustración 33 Instalación de cemento conductivo para electrodos verticales	120
Ilustración 34 Instalación de cemento conductivo para electrodos horizontales	121
Ilustración 35 Aplicación suelo artificial terreno blando	122
Ilustración 36 Aplicación suelo artificial arenoso seco	123
Ilustración 37 aplicación suelo artificial terreno rocoso con contrapesos	123

Ilustración 38 <i>Circuito equivalente durante una falla (tensión de contacto)</i>	124
Ilustración 39 Circuito equivalente durante una falla (tensión de paso)	125
Ilustración 40 Montaje de laboratorio para la prueba 001	130
Ilustración 41 .a) Modelo 6CP100 / 50-7.5 .b) Placa característica del modelo 6CP100 / 50-7.5	131
Ilustración 42 a.) Vista Lateral Panel de control b.) Certificado de calibración...	132
Ilustración 43 Vista frontal del Panel de control del Modelo 6CP100 / 50-7.5	132
Ilustración 44 a) Divisor de voltaje b.) Placa característica del divisor de voltaje modelo Modelo: FRC - 100 (P) FRC - 100 (P).....	133
Ilustración 45 Aislador tipo pin prueba 002	134
Ilustración 46 DPS prueba 003	134
Ilustración 47 Aislador de suspensión prueba 004.....	135
Ilustración 48 tensión de flameo en seco a baja frecuencia	136
Ilustración 49 tensión de flameo en seco a baja frecuencia	137
Ilustración 50 Plan de mejoramiento	138
Ilustración 51 Parte 1 plan de mejoramiento	139
Ilustración 52 parte 2 plan de mejoramiento	140

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA.....	34
Tabla 2 Número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	35
Tabla 3 Número de fallas en los transformadores de la derivación FSW363.....	36
Tabla 4 Número de fallas en los transformadores de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018	37
Tabla 5 Duración de las fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA	40
Tabla 6 Duración de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	41
Tabla 7 Duración de las fallas en los transformadores de la derivación FSW363.....	42
Tabla 8 Duración de fallas en los transformadores de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018	43
Tabla 9 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA	45
Tabla 10 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018	46
TABLA 11 Número de fallas en los arranques de la derivación FSW363	47
Tabla 12 Número de fallas en los arranques de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	49
Tabla 13 Duración de las fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA	51
Tabla 14 Duración de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018	53
Tabla 15 Duración de las fallas en los arranques de la derivación FSW363.....	54
Tabla 16 Duración de fallas en los arranques de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018.....	55
TABLA 17 Número de usuarios aguas abajo de la derivación FSW363	56
Tabla 18 Transformadores ordenados según la duración de la interrupción.....	76
Tabla 19 Arranques ordenados según la duración de la interrupción	80
Tabla 20 Total de materiales en arranques 2018.....	82
Tabla 21 Total de materiales en arranques 2017	82
Tabla 22 total de materiales en arranques 2016	82
Tabla 23 Total de materiales en arranques 2016, 2017 y 2018	83
Tabla 24 Total de materiales en transformadores 2018.....	83
Tabla 25 Total de materiales en transformadores 2017	83
Tabla 26 Total de materiales en transformadores 2017	83
Tabla 27 Total de materiales en transformadores 2016, 2017 y 2018	84
Tabla 28 Precio de los materiales en transformadores y arranques 2016, 2017 y 2018	85
Tabla 29 Precio mano de obra en transformadores	86

Tabla 30 Precio mano de obra en arranques	87
Tabla 31 Costo de racionamiento de energía 2018	88
Tabla 32 Precio de los materiales en transformadores y arranques 2018	89
Tabla 33 Precio mano de obra en Transformadores y arranques 2018	90
TABLA 34 Reporte Preliminar Análisis De Fallas En La Derivación FSW363.....	91
Tabla 35 Resumen descargas atmosféricas en transformadores 2016, 2017 y 2018.	110
Tabla 36 Resumen descargas atmosféricas en arranques 2016, 2017 y 2018.....	113
Tabla 37 Resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio LEMAT	130

RESUMEN

El Sistema De Distribución Local (SDL) de Centrales Eléctricas De Norte Del Santander (CENS), tiene como uno de los circuitos críticos PALDONJUANA y puntualmente las derivaciones o ramales conectados al seccionamiento FSW363. En los últimos tres años han presentado 294 salidas estimadas en 5897 horas que afectan los indicadores de calidad SAIFI y SAIDI. Mediante la metodología de gestión de activos de CENS alineados con la resolución CREG-015-2018 se realizará el análisis de las afectaciones de mayor impacto según la información seleccionados de los informes operativos de los años 2016, 2017 y 2018, con el fin de apoyar al equipo de mantenimiento en la toma de decisiones de las intervenciones por reposición o mantenimiento de redes. Lo anterior se logrará una vez realizado el análisis de fallas y el planteamiento de un plan de mejoramiento para mitigar o corregir las fallas en la derivación FSW363.

Palabras clave: Análisis, SAIDI, SAIFI, Fallas y Descargas Atmosféricas.

Abstract

The Local Distribution System (SDL) of Power Plants of Norte del Santander (CENS), has as one of the critical circuits PALDONJUANA and punctually the derivations or branches connected to the sectioning FSW363. In the last three years they have presented 294 outputs estimated in 5897 hours that affect the SAIFI and SAIDI quality indicators. Through the CENS asset management methodology aligned with resolution CREG-015-2018, the analysis of the most impactful impacts according to the information selected from the operational reports for the years 2016, 2017 and 2018 will be carried out in order to support to the maintenance team in the decision making of interventions for replacement or maintenance of networks. The aforementioned will be achieved once the failure analysis has been carried out and an improvement plan has been proposed to mitigate or correct the failures in the FSW363 derivation.

Keywords: Analysis, SAIDI, SAIFI, faults, atmospheric discharges.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado ANÁLISIS DE FALLAS EN LA DERIVACIÓN FSW363 DEL CIRCUITO PALDONJUANA DEL SDL DE CENS tiene como finalidad analizar las fallas presentadas en la derivación FSW363 en la derivación FSW363 utilizando como referencia los informes operativos de CENS de los años 2016,2017 y 2018. La importancia de este trabajo es satisfacer las necesidades de los usuarios por tener el servicio de energía eléctrica cuando lo necesiten y disminuir las interrupciones en los transformadores y arranques que se encuentran aguas abajo del arranque FSW363 haciendo un plan de mejoramiento basado en la gestión de activos de CENS mejorando la reputación de la empresa.

El origen de estas desconexiones son apertura para aislar y reparar daño sobre la línea, apertura por falla en transformador de distribución, descargas atmosféricas, dps en falla, falla aislador, falla coordinación de protecciones, falla de fusible causa desconocida, falla en porta fusible/ cortacircuito, falla poste, falla transformador, línea rota, línea des tensionadas, mantenimiento general del circuito objetos extraño sobre la red y ramas sobre la red. Que afectan a los usuarios y a la empresa durante las horas de desconexión.

Los objetivos de este trabajo son seleccionar la información necesaria para poder analizar la derivación FSW363 de los informes operativos de esta forma poder determinar el impacto en número de fallas, duración y número de usuarios afectados en los años 2016,2017 y 2018. Con la información necesaria se procederá analizar los arranques y transformadores aguas abajo para determinar cuáles son críticos según la gestión de activos de CENS, ya realizados estos objetivos se procede a recomendar acciones correctivas para mitigar las fallas en la derivación y dejar un plan de mejoramiento en este trabajo.

El alcance de este proyecto es plantear las soluciones que correspondan a estas desconexiones sin llegar a ejecutarlo ya que esto es una acción que debe tomar CENS. La información de este trabajo es confidencialidad de CENS y será mostrada cuando sea necesario para el desarrollo de este trabajo de grado por petición de los jurados.

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema y justificación.

En la derivación FSW363 y los diferentes seccionamientos y transformadores conectados a esta, presentan fallas recurrentes y temporales que afectan el servicio de energía eléctrica a los usuarios impactando negativamente la imagen de la empresa y sus ingresos por menos consumo de energía.

Estas fallas en su mayoría se clasifican como desconocidas, descarga atmosférica o coordinación de protecciones y con el presente trabajo se analizarán las posibles causas y se planteará un plan de mejoramiento basado en la metodología de gestión de activos para el cumplimiento de la resolución CREG-015-2018.

Con base en lo anterior podemos formularnos la siguiente pregunta.

¿Están identificadas las continuas salidas forzadas en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA?

Objetivos

Objetivo General

Analizar las fallas presentadas en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS utilizando como referencia los informes operativos de CENS de los años 2016 a 2018.

Objetivos Específicos

- Seleccionar los arranques y transformadores que hacen parte de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS que han tenido salidas en los años 2016 a 2018.
- Determinar el impacto en número de fallas, duración y número de usuarios afectados.
- Analizar las derivaciones definidas como críticas con la metodología de gestión de activos de CENS.
- Recomendar acciones correctivas para mitigar las fallas en la derivación FSW363.
- Plantear un plan de mejoramiento basado en gestión de activos para mitigar o corregir las fallas en la derivación FSW363.

Acotaciones

- Se analizará la información existente en los informes operativos de los años 2016, 2017 y 2018 tendientes a mejorar la continuidad del servicio, identificando los orígenes de las fallas recomendando la aplicación de las acciones correctivas para mitigarlas más no su implementación.
- La protección y mantenimiento de la confidencialidad de la información suministrada por la empresa; se dará cumplimiento al compromiso de confidencialidad firmado en el contrato; donde se obliga a proteger y mantener de manera confidencial y privada dicha información para evitar su divulgación no autorizada, salvo la información exigida en la relación académica, siempre y cuando haya necesidad de exponerla.

CAPÍTULO 1

Para interpretación y aplicación del trabajo de grado se tendrán en cuenta las siguientes definiciones

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Aislador

“Dispositivo cuya función es aislar eléctricamente conductores o equipos respecto a tierra o a otros conductores o equipos, además de proveer un soporte rígido o flexible a equipos o conductores. El aislador está compuesto de una o varias partes aislantes, a las cuales se ensamblan en algunos casos, herrajes metálicos”. [1]

1.2 Cuerpo del aislador

“Elemento aislante simple que tiene uno o varios bordes sin cemento u otros aditamentos de ensamble, destinados a formar parte de un aislador”. [1]

1.3 Aislador tipo espiga o pin

“Aquel que consta de uno o más cuerpos de aisladores, permanentemente conectados entre sí, los cuales requieren de una espiga incrustada para su instalación rígida, en una estructura soporte”. [1]

1.4 Aislador de suspensión

“Aquél que está provisto de partes metálicas, y tiene medios para sostener en forma no rígida los conductores eléctricos.” [1]

1.5 Unidad aisladora de suspensión

“ensamble de un cuerpo del aislador y de las partes metálicas, provisto de un medio de acoplamiento a otras unidades o herrajes terminales, el cual no es rígido”. [1]

1.6 Cadena de aisladores

“Ensamble de dos o más unidades aisladoras de suspensión, colocadas una a continuación de la otra”. [1]

1.7 Activos de conexión a un STR o a un SDL

“son los bienes que se requieren para que un OR se conecte físicamente a un Sistema de Transmisión Regional, STR, o a un Sistema de Distribución Local, SDL, de otro OR. También son activos de conexión utilizados exclusivamente por un usuario final para conectarse a los niveles de tensión 4,3, 2 0 1. Un usuario está conectado al nivel de tensión en el que está instalado su equipo de medida individual” [2].

1.8 Evento

“Situación que causa la indisponibilidad parcial o total de un activo de uso y que ocurre de manera programada o no programada” [2].

1.9 Indisponibilidad

Se define como el tiempo durante el cual un activo de uso no estuvo en servicio total o parcialmente. Un activo estará indisponible, y se seguirá considerando en esta condición, aunque su función esté siendo suplida por otro activo del SIN” [2].

1.10 TENSIONES A BAJA FRECUENCIA

1.10.1 Baja frecuencia

“Para los efectos de las normas sobre aisladores, significa cualquier frecuencia comprendida entre 15 Hz y 100 Hz”. [1]

1.10.2 Tensión de flameo a baja frecuencia (de un aislador)

“valor eficaz de la tensión a baja frecuencia que, en condiciones especificadas, se puede aplicar produciendo una descarga disruptiva sostenida a través del medio que rodea al aislador”. [1]

1.10.3 Tensión sostenida a baja frecuencia (de un aislador)

“Valor eficaz de la tensión que, en condiciones especificadas, se puede aplicar sin producir flameos o perforaciones del aislador.”. [1]

1.10.4 Tensión de perforación a baja frecuencia (de un aislador)

“Valor eficaz de la tensión a baja frecuencia que, en condiciones especificadas, produce una descarga disruptiva a través de cualquier parte del aislador”. [1]

1.11 TENSIONES DE IMPULSO

1.11.1 Onda de impulso

“Sobretensión unidireccional generada súbitamente, por la liberación de energía eléctrica en una red de impedancia.”. [1]

1.11.2 Tensión de flameo al impulso

“valor de cresta de la onda de impulso que, en condiciones especificadas, produce flameo a través del medio que rodea al aislador”. [1]

1.11.3 Tensión de flameo a impulso critico (de un aislador)

“Valor de la cresta de la onda de impulso que, en condiciones especificadas, produce flameo en el 50% de las aplicaciones a través del medio que rodea al aislador”. [1]

1.11.4 Tensión sostenida al impulso (de un aislador)

“valor de la cresta de impuso de tensión que, en condiciones especificadas, se puede aplicar sin producir flameo o perforaciones del aislador”. [1]

1.12 Niveles de tensión

“los STR y SDL se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición Nivel 4: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV. Nivel 3: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 30 kV y menor a 57.5 kV. Nivel 2: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV. Nivel 1: sistemas con tensión nominal menor a 1 kV”. [1]

1.13 Sistema de Distribución Local, SDL

“Sistema de transporte de energía eléctrica compuesto por el conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan en los niveles de tensión 3, 2 y 1 y son utilizados para la prestación del servicio en un mercado de comercialización” [2].

1.14 Usuario

“Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le denomina también consumidor y, para los efectos de esta resolución, se le denominara usuario final” [2].

1.15 SAIDI

“El indicador SAIDI representa la duración total en horas de los eventos que en promedio percibe cada usuario del SDL de un OR, hayan sido o no afectados por un evento, en un periodo anual” [2].

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

Ecuación 1 SAIDI

Donde:

“ $SAIDI_{j,t}$: Indicador de duración promedio por usuario, de los eventos sucedidos en el SDL del OR j , durante el año t , medido en horas al año” [2].

“ $D_{i,u,m}$: Duración en minutos del evento i , sucedido durante el mes m , que afectó al activo u perteneciente al SDL del OR j ” [2].

“ $NU_{i,u,m}$: Número de usuarios que fueron afectados por el evento i sucedido durante el mes m , conectados al activo u .” [2].

“ $UT_{j,m}$: Número total de usuarios conectados al SDL del OR j en el mes m ” [2].

“ m : Mes del año t , con enero = 1, ..., diciembre =12” [2].

1.16 SAIFI

“El indicador SAIFI representa la cantidad total de los eventos que en promedio perciben

todos los usuarios del SDL de un OR, hayan sido o no afectados por un evento, en un período anual” [2].

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

Ecuación 2 SAIFI

Donde:

“ $SAIFI_{j,t}$: Indicador de frecuencia promedio por usuario, de los eventos sucedidos en el SDL del OR j , durante el año t , medido en cantidad al año” [2].

“ $NU_{i,u,m}$: Número de usuarios que fueron afectados por el evento i sucedido durante el mes m , por encontrarse conectados al activo u ” [2].

“ $UT_{j,t}$: Número total de usuarios conectados al SDL del OR j en el mes m ” [2].

“ m : Mes del año t , con enero = 1, ..., diciembre =12” [2].

1.17 Sistema de Puesta a Tierra (SPT)

“Conjunto de electos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente” [3].

1.18 Falla

“Degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir con una función requerida” [3].

1.19 BIL

Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo [3]

1.20 CIRCUITO

“Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos” [3].

1.20.1 CIRCUITO PRINCIPAL

“Es el que normalmente está en capacidad de alimentar la totalidad de la carga contratada” [3].

1.20.2 CIRCUITO DE SUPLENCIA

“Es el circuito que alimenta total o parcialmente una carga, cuando el circuito principal se encuentra fuera de servicio. Tiene por objeto optimizar la continuidad y la confiabilidad en el suministro del servicio” [3].

1.20.3 CIRCUITO RAMAL

“En el sistema de instalaciones interiores, es una parte que se extiende más allá del último dispositivo de protección de sobrecorriente situado en el tablero de distribución del usuario” [3].

1.21 CONDICIÓN INSEGURA

“Circunstancia potencialmente riesgosa que está presente en el ambiente de trabajo” [3].

1.22 CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO

“Condiciones de utilización del servicio de energía bajo las cuales no se exceden los límites establecidos para los equipos que se usan, ni se viola ninguna restricción” [3].

1.23 CONTRATISTA

“Persona natural o jurídica que responde ante el dueño de una obra, para efectuar actividades de asesoría, interventoría, diseño, supervisión, construcción, mantenimiento, u otras relacionadas con las líneas eléctricas y equipos asociados, cubiertas por el presente reglamento técnico” [3].

1.24 TRANSFORMADORES

“Para efectos del presente reglamento, los transformadores eléctricos de capacidad mayor o igual a 3 kVA, nuevos, reparados o reconstruidos, deben cumplir con los siguientes requisitos, adaptados de las normas **IEC 60076-1**, **ANSI C57 12**, **NTC 3609**, **NTC 1490**, **NTC 1656**, **NTC 3607**, **NTC 3997**, **NTC 4907**, **NTC 1954** o **NTC 618**” [4].

1.25 INTERRUPTORES, RECONECTADORES Y SECCIONADORES DE MEDIA TENSIÓN

“Para efectos del presente reglamento, los interruptores, reconectadores y seccionadores usados en media tensión, tanto manuales como automáticos, deben cumplir los requisitos de una norma técnica internacional como **IEC 62265-1** (interruptores), **IEC 62271-100** (interruptores), **IEC 62271-102** (seccionadores), **IEC 62271-105** (fusible–seccionador), de reconocimiento internacional como **ANSI/IEEE C-37.60** (Reconectadores) o NTC que les aplique” [4].

“En todo caso para demostrar la conformidad con **RETIE**, deben realizarse mínimo las siguientes pruebas:

- a. Dieléctricas (BIL y frecuencia industrial),
- b. Ensayo de incremento de temperatura,
- c. Operación mecánica,
- d. Corrientes soportables de corta duración y valor pico” [4].

“En lo posible, no se deben usar interruptores ni reconectadores con SF₆ como medio de aislamiento en MT; en caso de utilizarse, no deben tener fugas mayores a las establecidas en la norma internacional que les aplique” [4].

1.26 FUSIBLES

“Los fusibles utilizados en las instalaciones objeto del presente reglamento deben cumplir los requisitos aquí referenciados de norma internacional, de reconocimiento internacional o NTC que les aplique, tales como: **IEC 60269-1**, **IEC 60269-2-1**, **NTC 2133**, **IEC60282-1**, **IEC 60282-2** o **NTC 2132**.

- a. Curva característica tiempo-corriente
- b. Tipo de fusible
- c. Corriente nominal
- d. Tensión nominal
- e. I²t (amperio² segundo)
- f. Capacidad de interrupción (kA).
- g. Adicionalmente, se debe indicar si el fusible es de acción lenta, rápida o ultrarrápida” [4].

1.27 Descargas atmosféricas

Documentos e investigaciones basadas en rayos demuestran que el 10% de las descargas atmosféricas se llaman “rayos positivos” y que el 90% de las descargas atmosféricas se llaman “rayos negativos [5].

1.28 Exhibición de rayos positivos

Golpe único, amplitudes más altas en promedio 300 kA, se considera el pico actual de rayo positivo de mayor intensidad medido directamente, un tiempo máximo de unas pocas decenas de μs y mayor duración que los rayos negativos, cientos de μs [5].

1.29 Exposición de rayos negativos

Amplitudes de decenas de kA, tiempo pico de 20-30 μs , el 90% tienen de 3 a 5 movimientos sucesivos [5].

Los movimientos sucesivos se deben a: “menos amplitud del primer golpe, fenómenos intercalados por tiempos en el orden de 1 μs y con un tiempo pico de magnitud menor que el primer golpe [5]

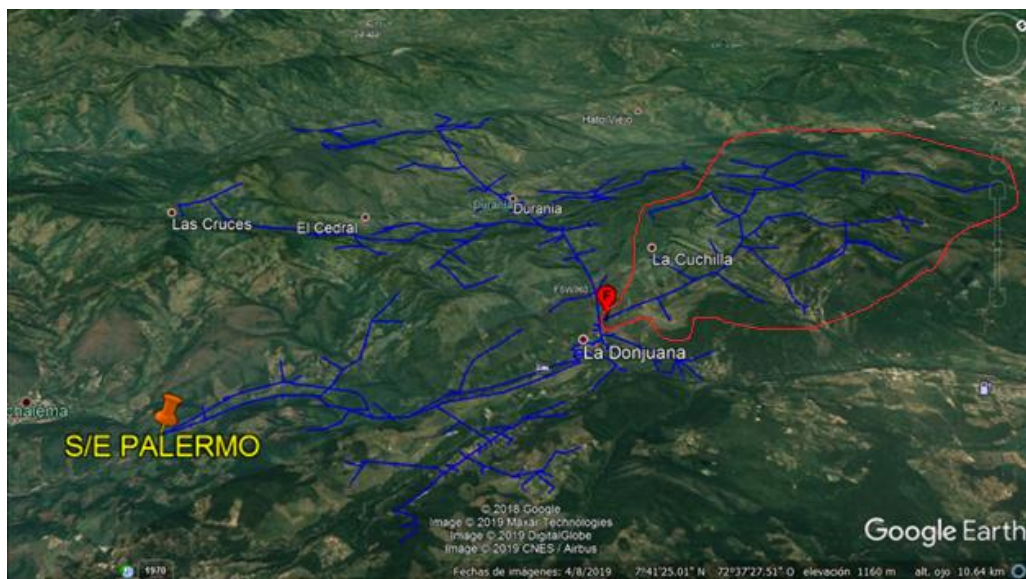
Capítulo 2

2. Selección de los arranques y transformadores que hacen parte de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS

En el capítulo 2 se da a conocer el procedimiento que se realizó para seleccionar la información suministrada por CENS, sobre cómo se ordenó de tal manera que se puede analizar cronológicamente facilitando la tabulación y la realización de sus respectivas gráficas.

En la Gráfica 1 se observa el Circuito PALDONJUANA de CENS teniendo como referencia la S/E PALERMO identificada con texto de color amarillo y la derivación FSW363 se encuentra demarcada con color rojo en la parte derecha de la imagen se encuentra entre las localidades de La Donjuana y Durania.

Gráfica 1 Circuito PALDONJUANA y derivación FSW363



Fuente CENS

La información que se analizó fue suministrada por CENS en los informes operativos de los años 2016, 2017 y 2018. Los informes operativos se realizan día a día por la empresa, la información que se tiene es el resumen de cada uno de los años mencionados esta información está registrada en Microsoft Excel; las hojas que tienen los informes operativos tienen los siguientes Títulos: INICIO, RESUMEN, TRAFOS FALLADOS, ACTIVOS _INDISPONIBLES, ACTIVOS CONSIGNADOS, REGISTRO DE INTERRUPCIONES, INTERRUPCIÓN DE ARRANQUES, INTERRUPCIÓN DE TRAFOS, DEM_MAX_POT_ENER_DNA, PRODUCTIVIDAD DE TURNOS, ORDENES PENDIENTES POR CERRAR, REPORTES_PENDIENTES_CD, DEM_MAX_POT_ENR_TEM, CRPEY ATC, EVENTOS PENDIENTES, ACTIVOS TELECONTROLADOS Y DEMANDA NO ATENDIDA.

Las hojas que se seleccionaron para empezar a filtrar la información fueron INTERRUPCIÓN DE ARRANQUES e INTERRUPCIÓN DE TRAFOS de cada uno de los años agrupándolas como un solo consolidado.

La hoja de los informes operativos INTERRUPCIÓN DE TRAFOS tienen la siguiente información: código del elemento, fecha inicial, fecha final, duración, dirección, alimentador, causa, código de la causa, comentario, cantidad de usuarios afectados, cantidad de salidas al año, propiedad del transformador, DNA (kW/h), SAIDI(h). En el año 2017 añadieron a los informes operativos la cantidad de salidas al año y propiedad del transformador. Y en el año 2018 añadieron a los informes operativos la DNA (kW/h) SAIDI (h).

La hoja de los informes operativos INTERRUPCIÓN DE ARRANQUES, tiene información similar a la de los transformadores con la diferencia de tener una casilla de cantidad de transformadores afectados y no tienen la casilla de propiedad del transformador.

Lo primero que se realizó fue un filtro en la casilla de alimentador seleccionando el circuito PALDONJUANA para las hojas de Transformadores y arranques de cada uno de los informes operativos 2016, 2017 y 2018.

En el segundo paso se unificaron en dos hojas de Microsoft Excel con nombre de "Análisis de fallas FSW363" la información de INTERRUPCIÓN DE ARRANQUES e INTERRUPCIÓN DE TRAFOS de los años 2016, 2017 y 2018.

En esta parte de la selección de la información, se tienen los datos sobre todos los arranques y transformadores del CIRCUITO PALDONJUANA del SDL de CENS.

El tercer paso se realizó con el programa **SPARD® DISTRIBUTION**. Donde se ubicó la derivación FSW 363 y todos sus ramales o segmentos de esta forma se realizó un diagrama unifilar con el programa **AutoCAD®** en el cual se identifican los

transformadores y arranques que dependen del Arranque FSW363 que tienen el siguiente código SPARD: este diagrama unifilar se encuentra en los anexos.

ARRANQUES: FSW363, SW6566, FSW367, FSW368, BSW5927, BSW5507, FSW369, BSW6011, JESW5185, ESW6994, PASW3746, BSW5642, FSW370, FSW372, ASW8704, FSW375, SW3748, SW3310, SW6574, BSW5499, GSW7603, FSW371, PASW3744, FSW376, FSW365, PASW3875, FSW364, GSW4088, SW6575, FSW377, ASW3654, GSW9772, PASW3868 Y RSW3647.

En la derivación FSW 363 del circuito PALDONJUANA de CENS, se encuentran 34 Arranques como lo podemos observar en el párrafo anterior y en el diagrama unifilar.

TRANSFORMADORES: 1T04254, 1T04255, 1T04253, 1T04256, 1T08087, 1T04258, 1T04247, 1T04245, 1T08088, 1T04252, 1T04249, 1T04248, 1T04240, 1T04242, 1T04243, 1T04241, 1T04236, 1T11139, 1T08089, 1T04250, 1T12223, 1T04251, 1T04267, 1T04262, 1T04237, 1T04235, 1T04246, 1T09827, 1T04244, 1T10164, 1T09826, 1T11999, 1T07599, 1T08098, 1T07603, 1T04259, 1T04238, 1T04234, 1T04263, 1T04264, 1T04265, 1T09932, 1T04266, 1T04239, 1T08091, 1T04260, 1T04268, 1T08096, 1T12450, 1T04261, 1T07362 y 1T10351.

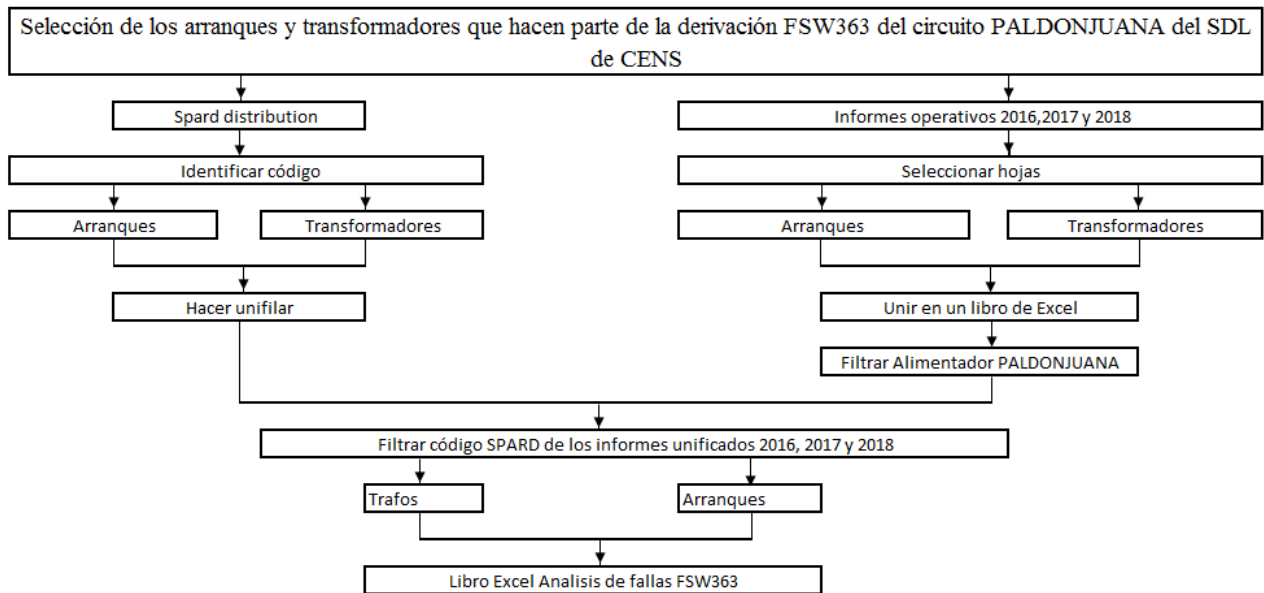
En la derivación FSW 363 del circuito PALDONJUANA de CENS, se encuentran 52 Transformadores que dan servicio a los usuarios de CENS como lo podemos observar en el párrafo anterior y en el diagrama unifilar.

El cuarto paso se hizo con base en la información del paso 3, se realizó el filtro de cada uno de los arranques y transformadores que fallaron en el transcurso de los años 2016, 2017 y 2018 de la derivación FSW 363 del circuito PALDONJAUNA de CENS en el archivo que se trabajó en el paso número 2.

En este paso se observa en el libro Análisis de fallas FSW363 que 38 transformadores fallaron en el transcurso de los años 2016, 2017 y 2018 de los 52 que fueron presentados anteriormente y 21 arranques de los 34 que se encuentran aguas debajo de la derivación FSW363.

De esta forma los informes operativos de los años 2016, 2017 y 2018 tienen la información seleccionada de tal forma que se pueden extraer los datos necesarios para continuar con el desarrollo del trabajo de grado.

En la gráfica 2 se presenta el diagrama con los pasos a seguir para completar la selección de la información.

Gráfica 2 Diagrama resumen del capítulo 2

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 2 se encuentra el diagrama donde se muestra un resumen sobre el capítulo 2. Sobre cómo se trabajaron los informes operativos para llegar al libro de Excel análisis de fallas FSW363.

Capítulo 3

De la información analizada en el capítulo 2 teniendo como prioridad el número de desconexiones, la duración de estas desconexiones y el número de usuarios afectados por la falta del servicio de energía eléctrica.

3. Determinación del impacto en número de fallas, duración y número de usuarios afectados.

Con la información seleccionada en el capítulo 2 de los informes operativos de CENS de los años 2016,2017 y 2018 en los cuales se encuentran los transformadores y arranques que fallaron en la derivación FSW 363 Del circuito PALDONJUANA de CENS, se hicieron las gráficas correspondientes para determinar el impacto en número de fallas, duración y número de usuarios afectados.

3.1 FALLAS EN TRANSFORMADORES

3.1.1 Número De Fallas

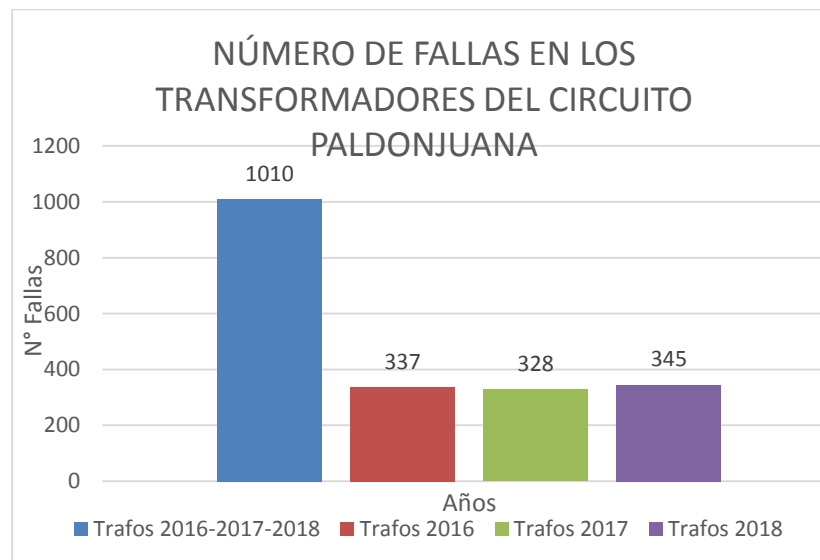
En las siguientes tablas y sus respectivas graficas se observa la cantidad de eventos presentados en el alimentador PALDONJUANA que incluye la derivación FSW363 y los transformadores asociados a esta.

En la tabla 1 se observa la cantidad de desconexiones en los transformadores del circuito PALDONJUANA de CENS. En el año 2016 se presentaron 337 desconexiones, en 2017 328 desconexiones y en 2018 345 desconexiones. Para un total de 1010 lo cual podemos evidenciar en la gráfica 3.

Tabla 1 número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA

NÚMERO DE FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DEL CIRCUITO PALDONJUANA	
Transformadores 2016-2017-2018	1010
Transformadores 2016	337
Transformadores 2017	328
Transformadores 2018	345

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

Gráfica 3 Número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 3 se observa el número de fallas de los transformadores en los años 2016, 2017 y 2018 oscilaron entre 328 y 345 con un promedio aproximado de 337 fallas por año.

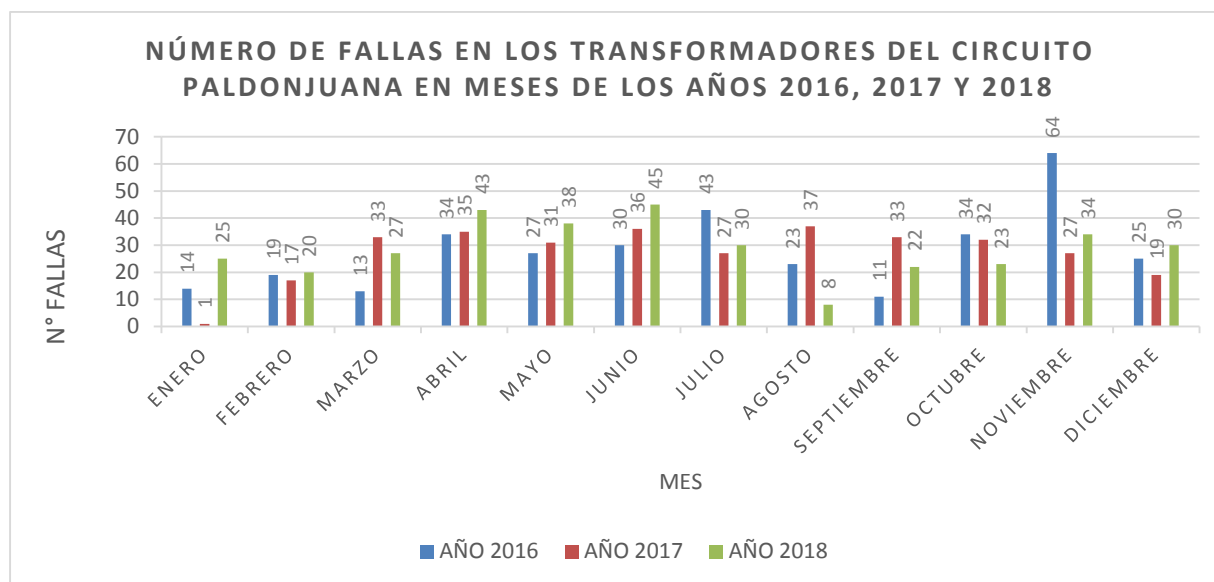
A continuación, se encuentra la tabla y gráfica del número de fallas por meses en los años 2016, 2017 y 2018 en el circuito PALDONJUANA.

En la tabla 2 se encuentra la cantidad de desconexiones que existieron en cada uno de los meses en los años 2016, 2017 y 2018 en el circuito PALDONJUANA. Como se puede evidenciar en la gráfica 4.

Tabla 2 Número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018

NÚMERO DE FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DEL CIRCUITO PALDONJUANA EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016	2017	2018
ENERO	14	1	25
FEBRERO	19	17	20
MARZO	13	33	27
ABRIL	34	35	43
MAYO	27	31	38
JUNIO	30	36	45
JULIO	43	27	30
AGOSTO	23	37	8
SEPTIEMBRE	11	33	22
OCTUBRE	34	32	23
NOVIEMBRE	64	27	34
DICIEMBRE	25	19	30
TOTAL	337	328	345

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

Gráfica 4 Número de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 4 se observa la cantidad de desconexiones de los transformadores del circuito PALDONJUANA de cada uno de los meses en los años 2016, 2017 y 2018 donde

podemos evidenciar que las mayores desconexiones se dieron en los meses de abril, junio, julio y noviembre.

En la tabla 3 se observa el número de desconexiones de los transformadores que pueden causar una falla en la derivación FSW 363 y si no existe una efectiva coordinación de protecciones se podría presentar afectación al arranque principal e inclusive al interruptor de la celda dejando sin servicio de energía eléctrica todos los transformadores y arranques mencionados en el capítulo 2.

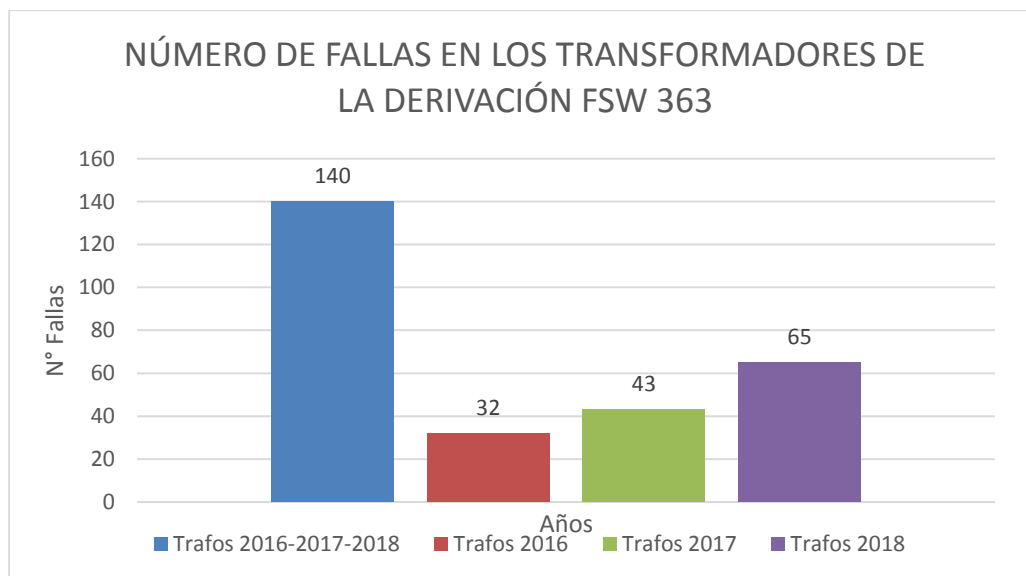
Tabla 3 Número de fallas en los transformadores de la derivación FSW363

NÚMERO DE FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DE LA DERIVACIÓN FSW 363	
Transformadores 2016-2017-2018	140
Transformadores 2016	32
Transformadores 2017	43
Transformadores 2018	65

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 3 se observa la cantidad de desconexiones en los transformadores de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA de CENS. En el año 2016 se presentaron 32 desconexiones, en 2017 43 desconexiones y en 2018 66 desconexiones. Para un total de 141 lo cual podemos evidenciar en la gráfica 5.

Gráfica 5 Número de fallas en los transformadores de la derivación FSW363



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 5 se observa que el número de fallas de los transformadores en los años 2016, 2017 y 2018 oscilaron entre 32 y 66 con un promedio aproximado de 47 fallas por año. En comparación con la cantidad de fallas en transformadores del circuito PALDONJUANA con un total de 1010 fallas en los tres años nos damos cuenta de que el porcentaje en número de fallas de la derivación FSW 363 es del 13.9604 %. Además, se observa que las fallas en los transformadores cada año aumento.

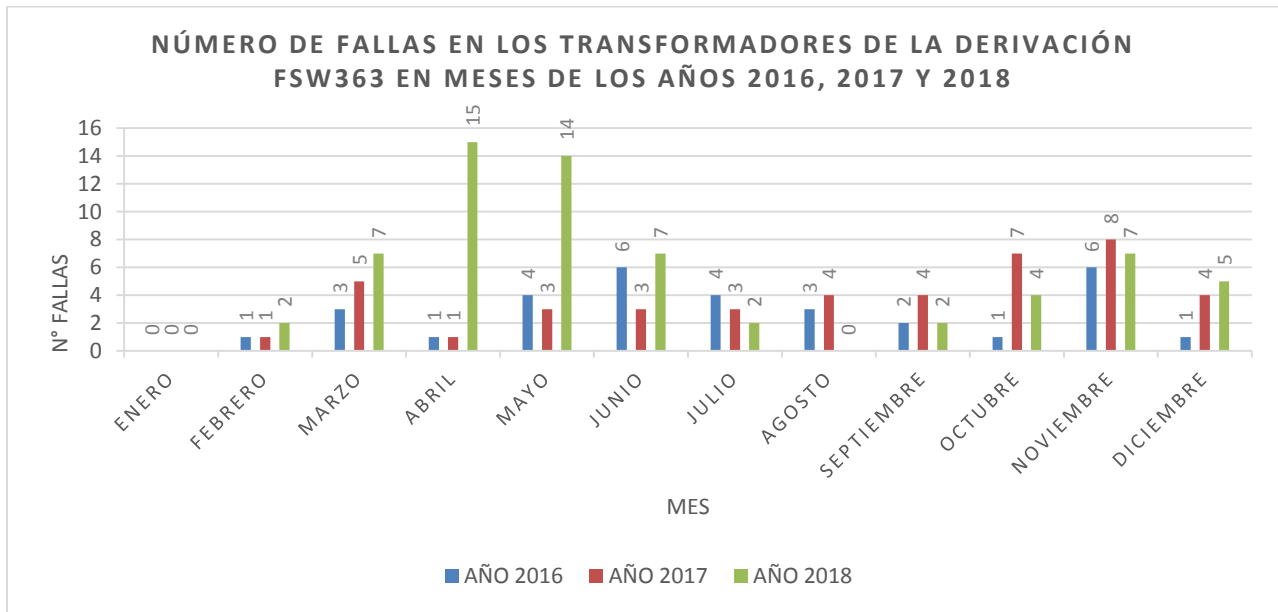
Tabla 4 Número de fallas en los transformadores de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018

NÚMERO DE FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DE LA DERIVACIÓN FSW363 EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016	2017	2018
ENERO	0	0	0
FEBRERO	1	1	2
MARZO	3	5	7
ABRIL	1	1	15
MAYO	4	3	14
JUNIO	6	3	7
JULIO	4	3	2
AGOSTO	3	4	0
SEPTIEMBRE	2	4	2
OCTUBRE	1	7	4
NOVIEMBRE	6	8	7
DICIEMBRE	1	4	5
TOTAL	32	43	65

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 4 se encuentra la cantidad de desconexiones que se existieron en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA. Como se puede evidenciar en la gráfica 6.

Gráfica 6 Número de fallas en los transformadores de la derivación fsw363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018



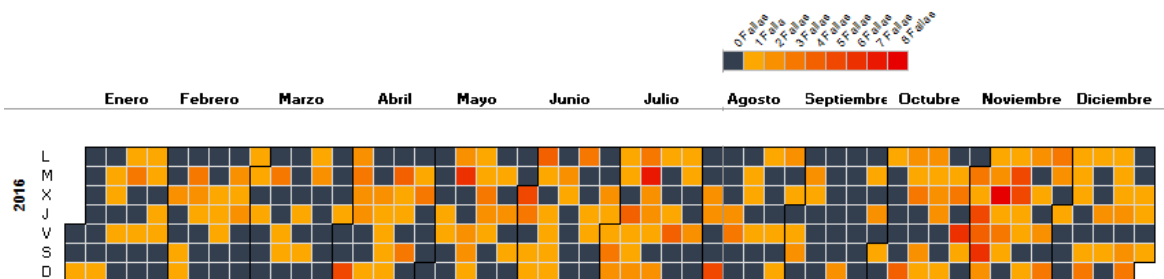
Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 6 se observa la cantidad de desconexiones de los transformadores de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en la cual podemos evidenciar que las mayores desconexiones se dieron en los meses de abril, mayo, junio, y noviembre. Siendo en abril y mayo de 2018 la mayor cantidad de desconexiones en esta derivación.

NÚMERO DE FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DE LA DERIVACIÓN FSW363 EN DIAS DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018

En las siguientes graficas se observa una distribución de las desconexiones que ocurrieron en la derivación FSW363 cada día de los años 2016,2017 y 2018 donde se observa que el mayor número de fallas en un día es de 8 y el menor de 0 estableciendo de esta manera una escala de colores para cada número de desconexiones por día.

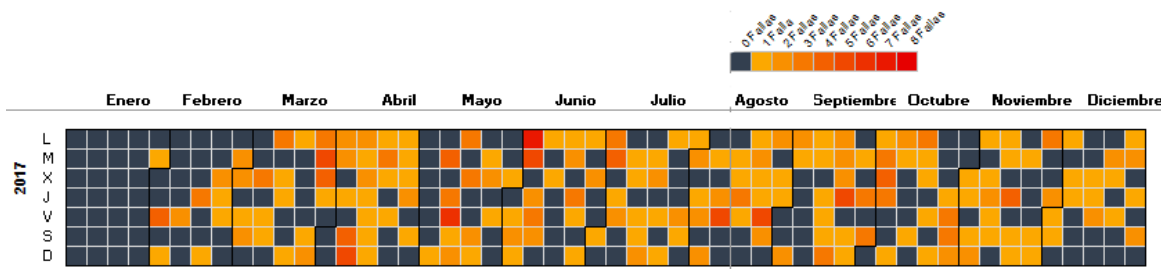
Gráfica 7 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2016



Fuente CENS.

En la gráfica 7 se puede observar para el año 2016 hubo mayor incidencia de fallas en los últimos días de octubre y gran parte del mes de noviembre.

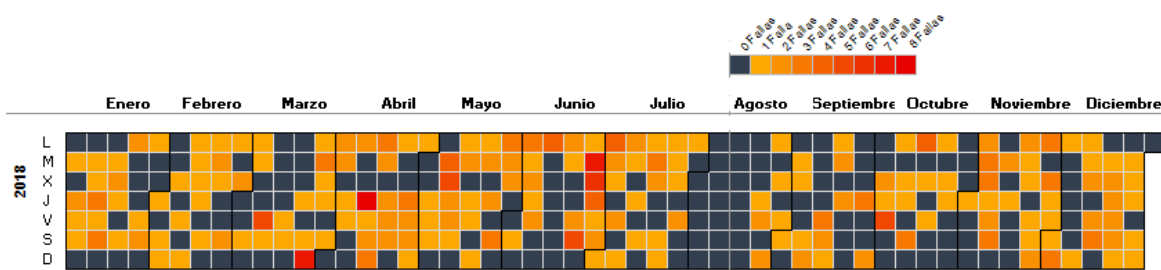
Gráfica 8 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2017



Fuente CENS.

De acuerdo con la distribución diaria en la gráfica 8 se observa que en los meses de abril y junio se presenta mayor incidencia de fallas.

Gráfica 9 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2016



Fuente CENS.

De acuerdo con la distribución diaria en la gráfica 9 se observa que en los meses de abril y junio se presenta mayor incidencia de fallas.

3.1.2 Duración De Las Fallas

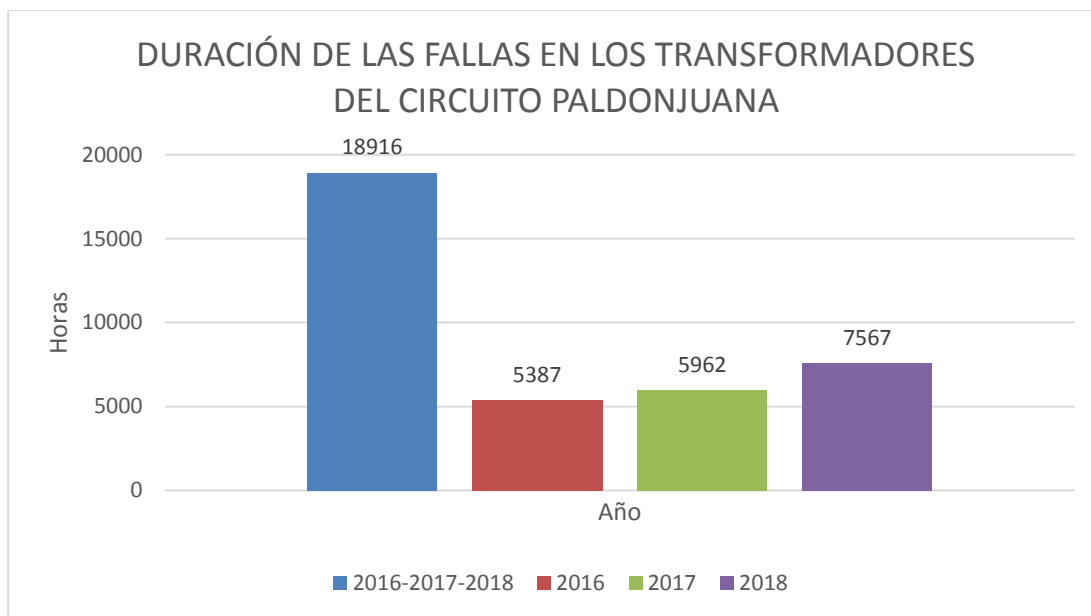
A continuación, se encuentra la duración en horas de las desconexiones en transformadores vistas anterior mente en el circuito PALDONJUANA y en la derivación FSW 363 en los años 2016, 2017 y 2018.

En la tabla 5 se observa la duración en horas de los transformadores del circuito PALDONJUANA que estuvieron desconectados debido a las fallas que se presentaron en los años 2016, 2017 y 2018. Esta información se observará en la gráfica 10.

Tabla 5 Duración de las fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA

DURACIÓN DE LAS FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DEL CIRCUITO PALDONJUANA	
Año	Duración (h: min)
2016-2017-2018	18916:55
2016	5386:49
2017	5962:33
2018	7567:32

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

Gráfica 10 Duración de las fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 10 se observa la duración de las desconexiones de los transformadores del circuito PALDONJUANA, en horas este valor se aproximó para tener una mejor visualización de la gráfica. Además se observa un incremento de la duración de las horas de desconexión en cada año.

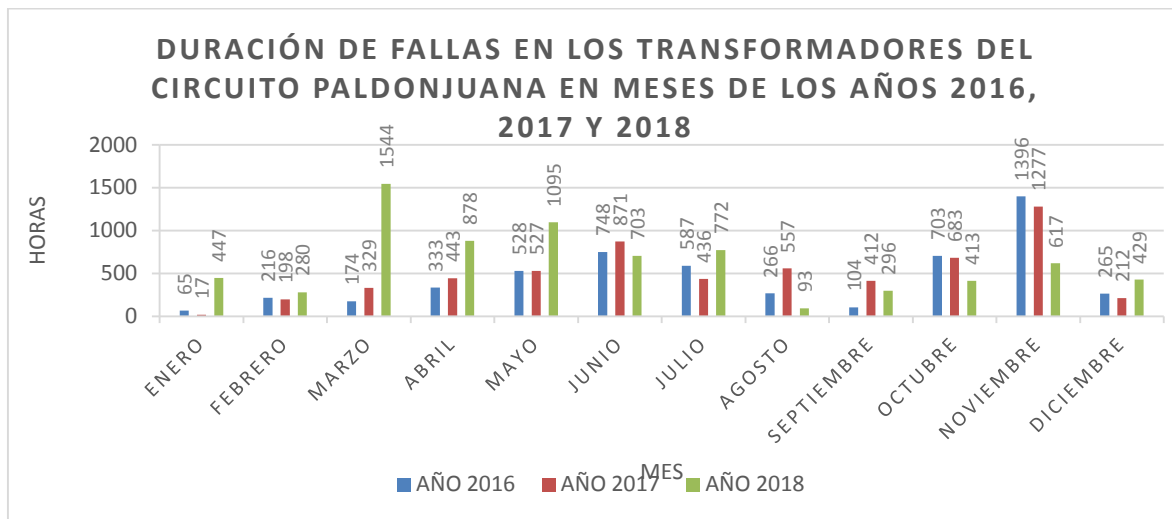
Tabla 6 Duración de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018

DURACIÓN DE FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DEL CIRCUITO PALDONJUANA EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016 (h: min)	2017 (h: min)	2018(h: min)
ENERO	64:54	16:33:00	447:04:22
FEBRERO	215:41	198:04:33	279:39:14
MARZO	173:39	329:02:41	1544:27:28
ABRIL	333:10	442:58:49	878:11:35
MAYO	527:58	527:19	1095:15
JUNIO	747:48	871:03	702:58
JULIO	586:25	436:48	771:46
AGOSTO	268:25	556:46	92:48
SEPTIEMBRE	103:39	411:48	296:14
OCTUBRE	703:16	683:15	412:56
NOVIEMBRE	1396:27	1276:27	617:17
DICIEMBRE	265:22	212:25	428:52
TOTAL	5386:49	5962:33	7567:32

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 6 se encuentran la cantidad de horas que duraron las desconexiones que existieron en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en el circuito PALDONJAUNA. De la cual se puede observar en la gráfica 11.

Gráfica 11 Duración de fallas en los transformadores del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

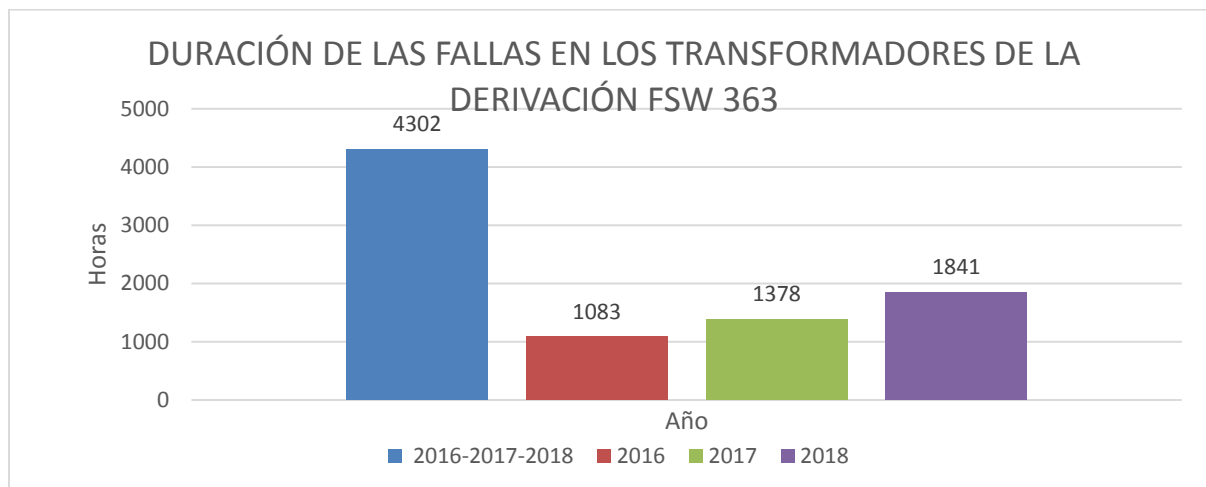
En la gráfica 11 se observa la duración en horas de las desconexiones en cada mes de los años 2016, 2017 y 2018 de los transformadores del circuito PALDONJUANA en horas este valor se aproximó para tener una mejor visualización de la gráfica. Teniendo mayor duración los meses de noviembre, junio y octubre. Siendo la máxima duración marzo de 2018 con 1544 horas.

Tabla 7 Duración de las fallas en los transformadores de la derivación FSW363

DURACIÓN DE LAS FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DE LA DERIVACIÓN FSW 363	
Año	Duración (h: min)
2016-2017-2018	4302:31
2016	1082:44
2017	1378:06
2018	1841:39

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 7 está la duración de las desconexiones en horas y minutos de los transformadores de la derivación FSW 363 de los años 2016, 2017, 2018 y la duración total de estos tres años que se observara en la gráfica 12.

Gráfica 12 Duración de las fallas en los transformadores de la derivación FSW363

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 12 se observa la duración de la desconexión en horas de los transformadores que se encuentran en la derivación FSW 363. Al realizar una comparación entre la duración de la desconexión del circuito PALDONJUANA que son 18916 horas y la derivación FSW363 que son 4302 horas que son el 22.74 % del total en horas de desconexión del circuito PALDONJUANA.

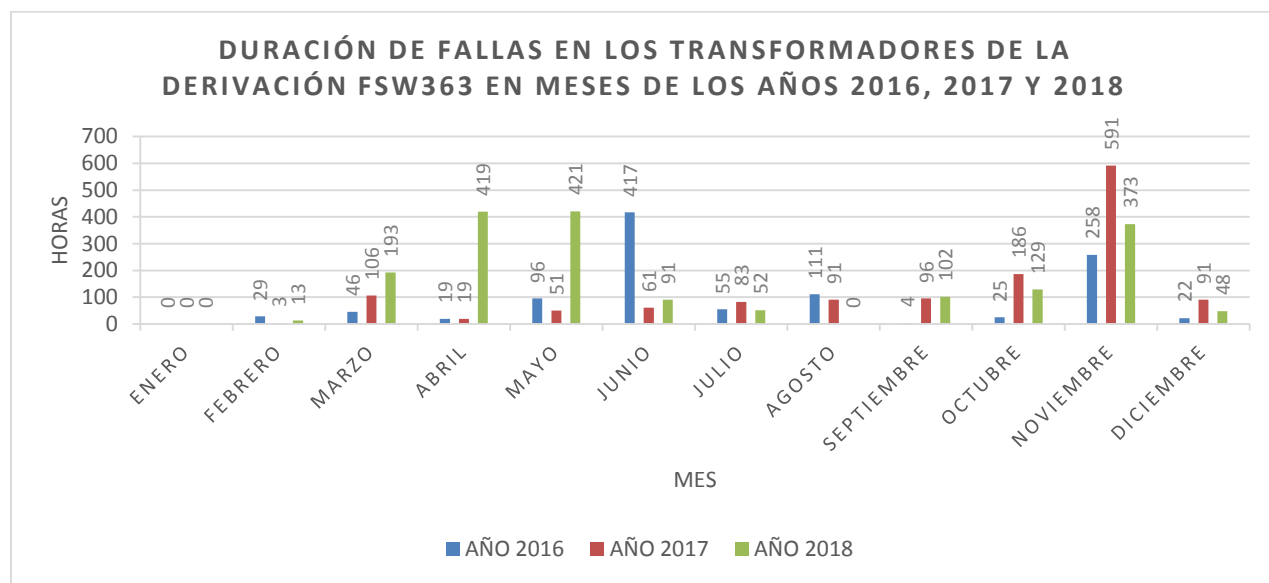
Tabla 8 Duración de fallas en los transformadores de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018

DURACIÓN DE FALLAS EN LOS TRANSFORMADORES DE LA DERIVACIÓN FSW363 EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016 (h: min)	2017 (h: min)	2018 (h: min)
ENERO	0:00	0:00	0:00
FEBRERO	28:45	2:59	12:47
MARZO	46:33	106:18	193:00
ABRIL	18:42	18:42	3418:40
MAYO	96:22	50:54	421:14
JUNIO	417:25	61:18	90:52
JULIO	55:15	83:08	51:44
AGOSTO	110:55	91:02	0:00
SEPTIEMBRE	3:53	96:05	102:13
OCTUBRE	25:18	186:04	129:31
NOVIEMBRE	257:42	590:54	373:20
DICIEMBRE	21:53	90:37	48:16
TOTAL	1082:44	1378:06	1841:05

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 8 se encuentran la cantidad de horas y minutos que duraron las desconexiones en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en la derivación FSW363 del circuito PALDONJAUNA. De la cual se puede evidenciar en la gráfica 13.

GRÁFICA 13 Duración de fallas en los transformadores de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 13 se observa la duración en horas de las desconexiones en cada mes de los años 2016, 2017 y 2018 en los transformadores de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA. Teniendo mayor duración los meses de noviembre y junio, en el 2018 se observa las mayores desconexiones en los meses de abril mayo y noviembre, además en el año 2017 se observa la máxima duración con 495 horas en el mes de noviembre.

Los meses de abril, mayo, junio presentan gran cantidad de horas sin conexión en un solo año.

3.2 FALLAS EN ARRANQUES

3.2.1 Número De Fallas

En las siguientes tablas y graficas se observa la cantidad de eventos que ocurrieron en los arranques del circuito PALDONJAUNA como los que se encuentra aguas abajo derivación FSW363.

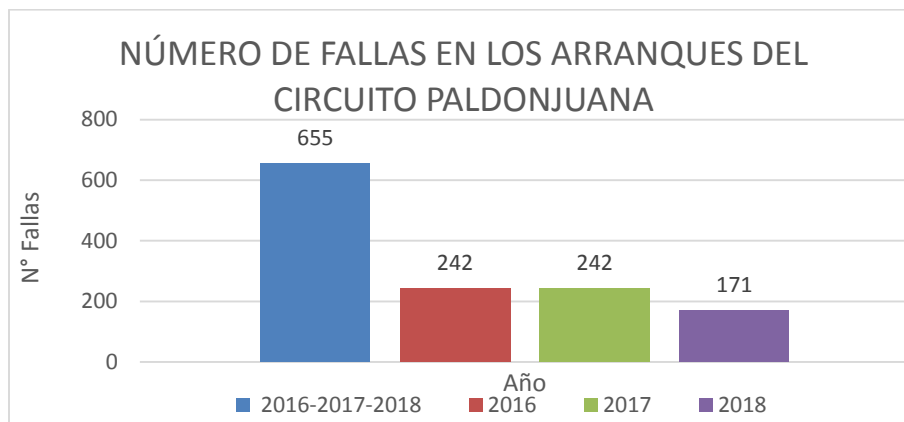
Tabla 9 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA

NÚMERO DE FALLAS EN LOS ARRANQUES DEL CIRCUITO PALDONJUANA	
Año	Número de fallas
2016-2017-2018	655
2016	242
2017	242
2018	171

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 9 se observa el número de desconexiones en los arranques del circuito PALDONJUANA de CENS. En el año 2016 existieron 242 fallas, en 2017 242 fallas y en 2018 171 fallas. Que suman 655 fallas en estos tres años esto se observa en la gráfica 9.

En la gráfica 14 se observa que el número de fallas de los arranques en los años 2016, 2017 y 2018 que oscilan entre 172 y 242 con un promedio de aproximado de 218 fallas por año.

Gráfica 14 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

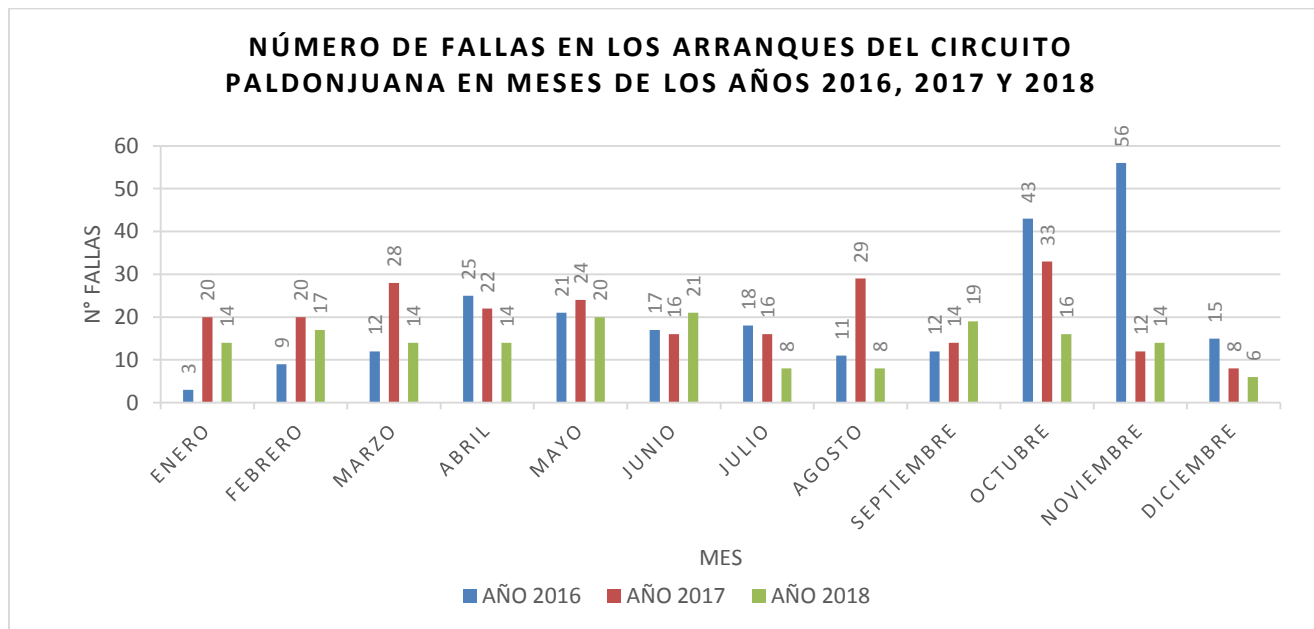
A continuación, se encuentra la tabla y gráfica del número de fallas por cada mes de los años 2016, 2017 y 2018.

Tabla 10 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018

NÚMERO DE FALLAS EN LOS ARRANQUES DEL CIRCUITO PALDONJUANA EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016	2017	2018
ENERO	3	20	14
FEBRERO	9	20	17
MARZO	12	28	14
ABRIL	25	22	14
MAYO	21	24	20
JUNIO	17	16	21
JULIO	18	16	8
AGOSTO	11	29	8
SEPTIEMBRE	12	14	19
OCTUBRE	43	33	16
NOVIEMBRE	56	12	14
DICIEMBRE	15	8	6
TOTAL	242	242	171

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 10 se encuentran la cantidad de desconexiones que se existieron en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en el circuito PALDONJAUNA. De la cual se puede evidenciar en la gráfica 15.

Gráfica 15 Número de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

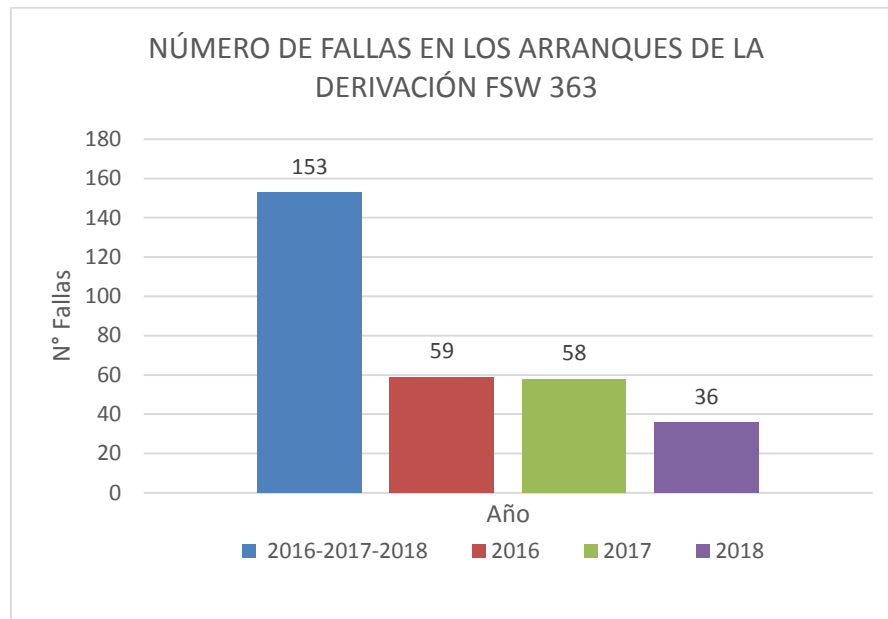
En la gráfica 15 se observa la cantidad de desconexiones de los arranques del circuito PALDONJUANA en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en la cual podemos evidenciar que las mayores desconexiones en cantidad se dieron en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre. Siendo noviembre de 2016 el mes con más desconexiones con una cantidad de 56.

TABLA 11 Número de fallas en los arranques de la derivación FSW363

NÚMERO DE FALLAS EN LOS ARRANQUES DE LA DERIVACIÓN FSW 363	
Año	Número de fallas
2016-2017-2018	153
2016	59
2017	58
2018	36

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 11 se observa la cantidad de desconexiones de los diferentes arranques de la derivación FSW 363 de circuito PALDONJUANA DE CENS en los años 2016, 2017 y 2018 que se evidenciara en la gráfica 16.

Gráfica 16 Número de fallas en los arranques de la derivación FSW363

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

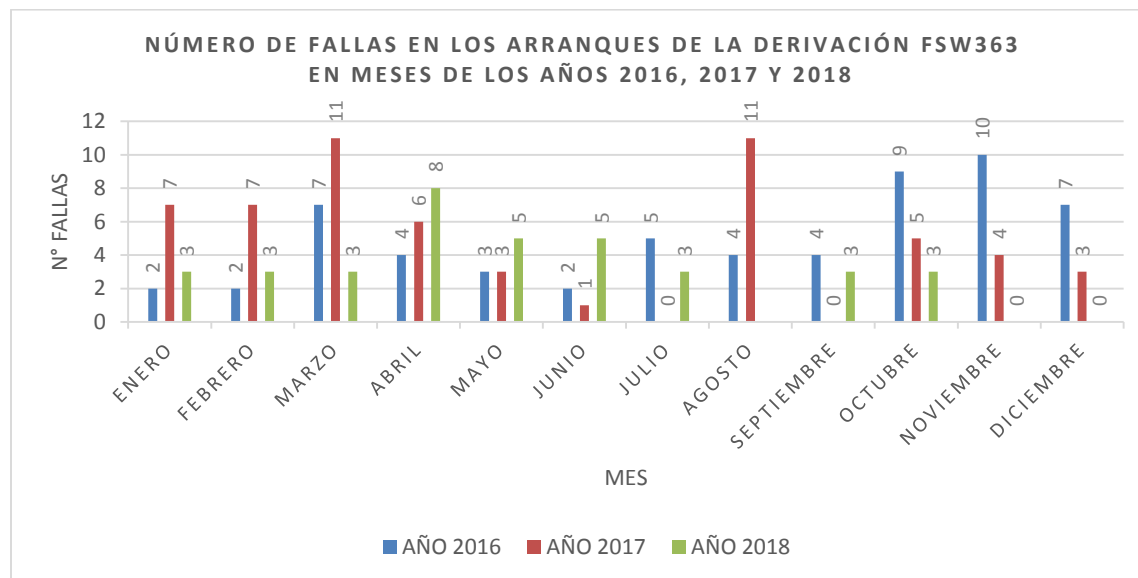
En la gráfica 16 se observa la cantidad de veces que salieron los arranques que fallaron en los años 2016, 2017 y 2018 comparando con la gráfica 14 la sumatoria de número de fallas de la derivación FSW363 son 153, en comparación con la cantidad de fallas en arranques del circuito PALDONJUANA con un total de 655 en los tres años nos damos cuenta de que el porcentaje en número de fallas de la derivación FSW 363 es del 23.3587 %. Además, se observa que las fallas en los arranques cada año disminuyen.

En la tabla 12 se encuentran la cantidad de desconexiones que se existieron en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 de la derivación FSW363 del circuito PALDONJAUNA. La cual se puede evidenciar en la gráfica 17.

Tabla 12 Número de fallas en los arranques de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018

NÚMERO DE FALLAS EN LOS ARRANQUES DE LA DERIVACIÓN FSW363 EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016	2017	2018
ENERO	2	7	3
FEBRERO	2	7	3
MARZO	7	11	3
ABRIL	4	6	8
MAYO	3	3	5
JUNIO	2	1	5
JULIO	5	0	3
AGOSTO	4	11	0
SEPTIEMBRE	4	0	3
OCTUBRE	9	5	3
NOVIEMBRE	10	4	0
DICIEMBRE	7	3	0
TOTAL	59	58	36

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

Gráfica 17 Número de fallas en los arranques de la derivación Fsw363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018

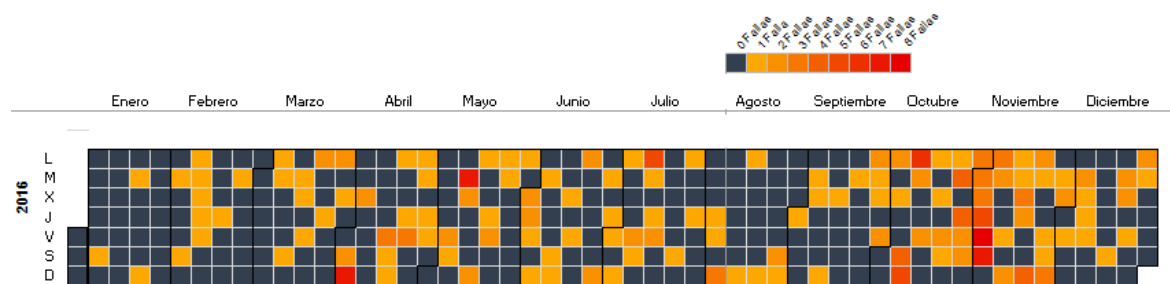
Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 17 se observa la cantidad de desconexiones de los arranques de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en la cual podemos evidenciar que las mayores desconexiones se dieron en los meses de marzo, abril y octubre. Siendo en marzo y agosto de 2017 la mayor cantidad de desconexiones con un valor de 11 en los arranques de la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS. Además, se observa que los últimos tres meses del 2016 y los primeros tres meses del 2017 existieron 7 o más fallas por mes.

NÚMERO DE FALLAS EN LOS ARRANQUES DE LA DERIVACIÓN FSW363 EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018

En las siguientes graficas se observa una distribución de las desconexiones que ocurrieron en la derivación FSW363 cada día de los años 2016,2017 y 2018 donde se observa que el mayor número de fallas en un día es de 8 y el menor de 0 estableciendo de esta manera una escala de colores para cada número de desconexiones por día.

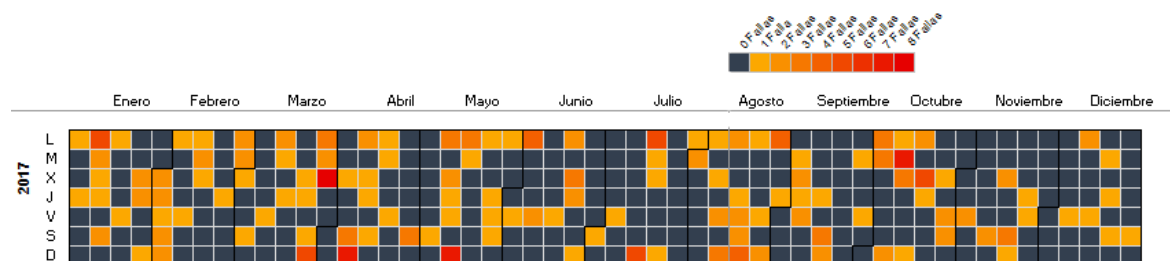
Gráfica 18 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2016



Fuente CENS.

Como se puede observar en la gráfica 18 para el año 2016 hubo mayor incidencia de fallas en los últimos días de octubre y gran parte del mes de noviembre

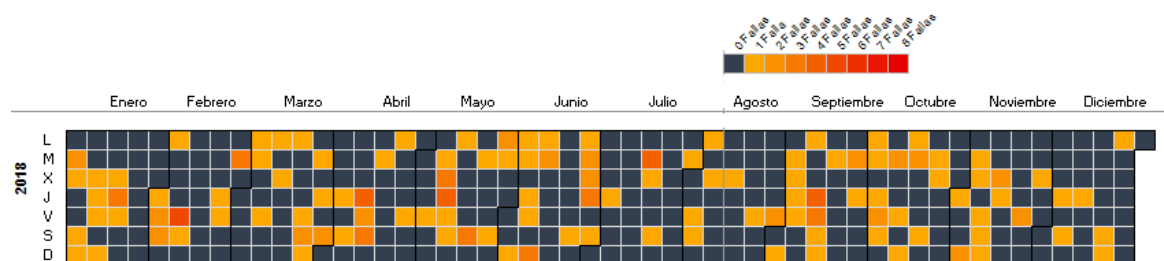
Gráfica 19 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2017



Fuente CENS.

Para el año 2017 se evidencia en la gráfica 19 que hubo una mayor incidencia de fallas en los meses de marzo, agosto y octubre

Gráfica 20 Número de fallas en la derivación FSW363 del año calendario 2018



Fuente CENS.

En la gráfica 20 se evidencia para el año 2018 que las fallas estuvieron más dispersas durante los doce meses y en menor cantidad. Además, se evidencia una menor cantidad de fallas en los arranques aguas abajo de la derivación FSW363 en este año.

3.2.2 Duración De Las Fallas

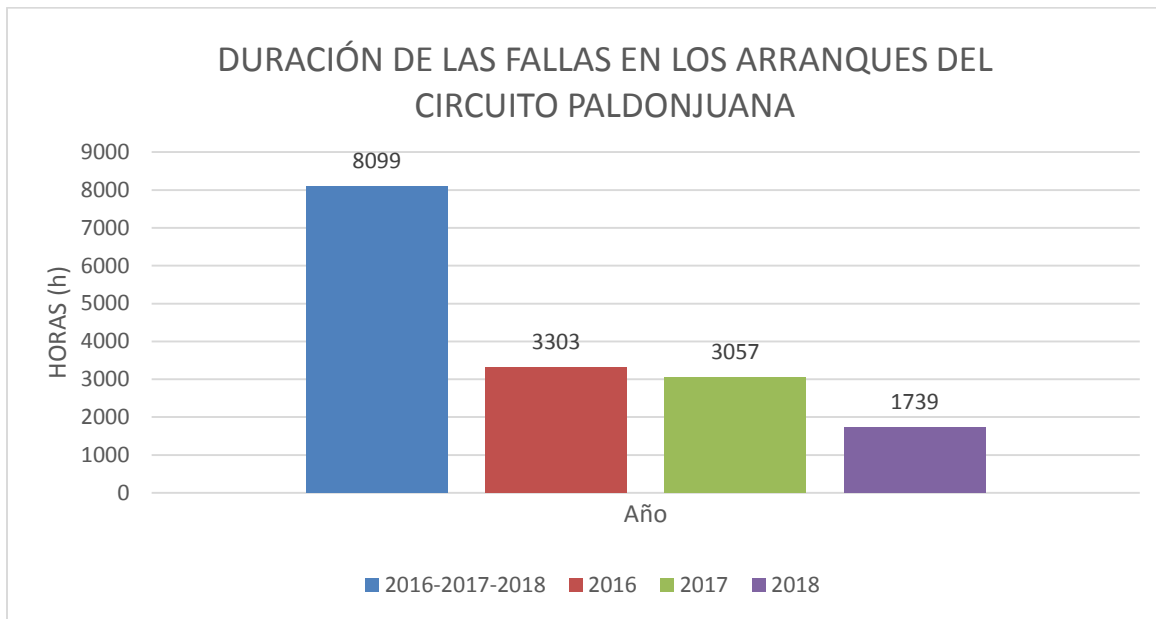
A continuación, se encuentra la duración en horas de las fallas de los arranques vistas anteriormente en el circuito PALDONJUANA y en la derivación FSW 363 en los años 2016, 2017 y 2018.

Tabla 13 Duración de las fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA

DURACIÓN DE LAS FALLAS EN LOS ARRANQUES DEL CIRCUITO PALDONJUANA	
Año	Duración (h: min)
2016-2017-2018	8099:13
2016	3303:06
2017	3057:59
2018	1739:07

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 13 se observa la duración en horas y minutos de los arranques del circuito PALDONJUANA que estuvieron desconectados debido a las fallas que se presentaron en los años 2016, 2017 y 2018. Esta información se puede evidenciar en la gráfica 21.

Gráfica 21 Duración de las fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 21 se observa la duración de las desconexiones en horas de los arranques del circuito PALDONJUANA. En los años 2016, 2017 y 2018. Además, se observa un decremento de la duración de las horas de desconexión en cada año.

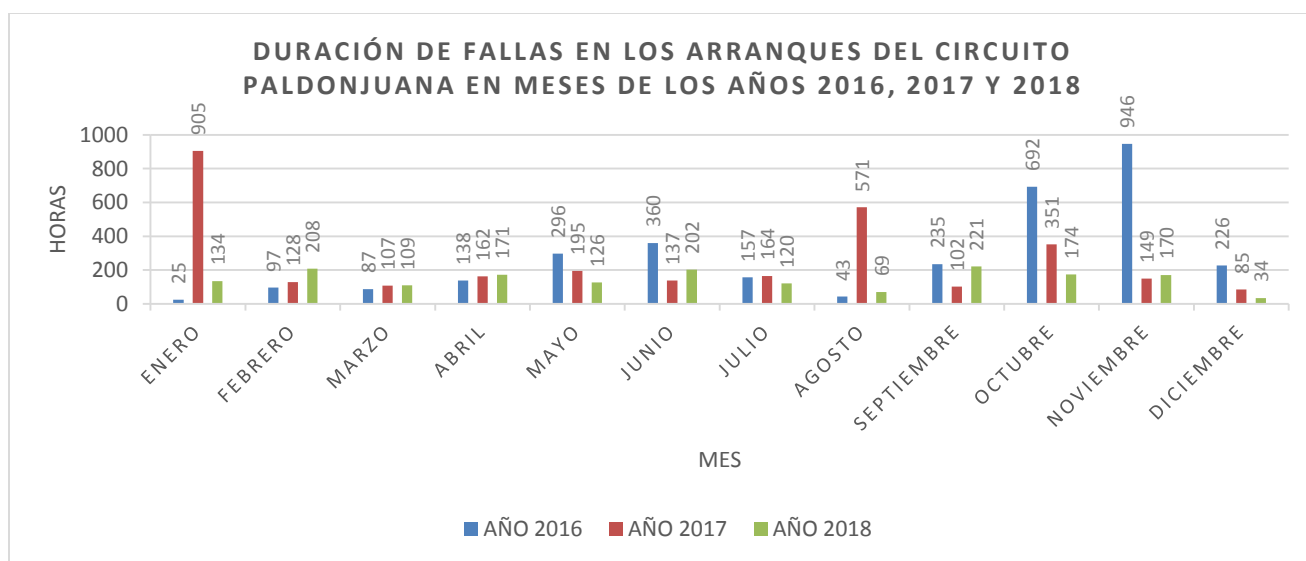
En la tabla 15 se encuentran la cantidad de horas y minutos que duraron las desconexiones que existieron en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en el circuito PALDONJUANA. De la cual se puede evidenciar en la gráfica 22.

Tabla 14 Duración de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018

DURACIÓN DE FALLAS EN LOS ARRANQUES DEL CIRCUITO PALDONJUANA EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016 (h: min)	2017 (h: min)	2018(h: min)
ENERO	24:52	904:42	134:11
FEBRERO	97:02	128:34	208:18
MARZO	87:18	107:00	109:19
ABRIL	138:03	162:29	171:14
MAYO	295:44	195:00	125:40
JUNIO	360:11	136:39	202:23
JULIO	156:52	163:35	120:19
AGOSTO	43:46	571:37	69:08
SEPTIEMBRE	234:58	102:00	220:41
OCTUBRE	691:53	351:27	174:27
NOVIEMBRE	946:01	149:27	169:34
DICIEMBRE	226:22	84:23	33:49
TOTAL	3303:06	3056:59	1739:07

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

Gráfica 22 Duración de fallas en los arranques del circuito PALDONJUANA en meses de los años 2016, 2017 y 2018



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 22 se observa la duración en horas de las desconexiones en cada mes de los años 2016, 2017 y 2018 de los Arranques del circuito PALDONJUANA. Teniendo mayor duración los meses de enero, octubre y noviembre teniendo la máxima duración noviembre de 2016 con 946 horas.

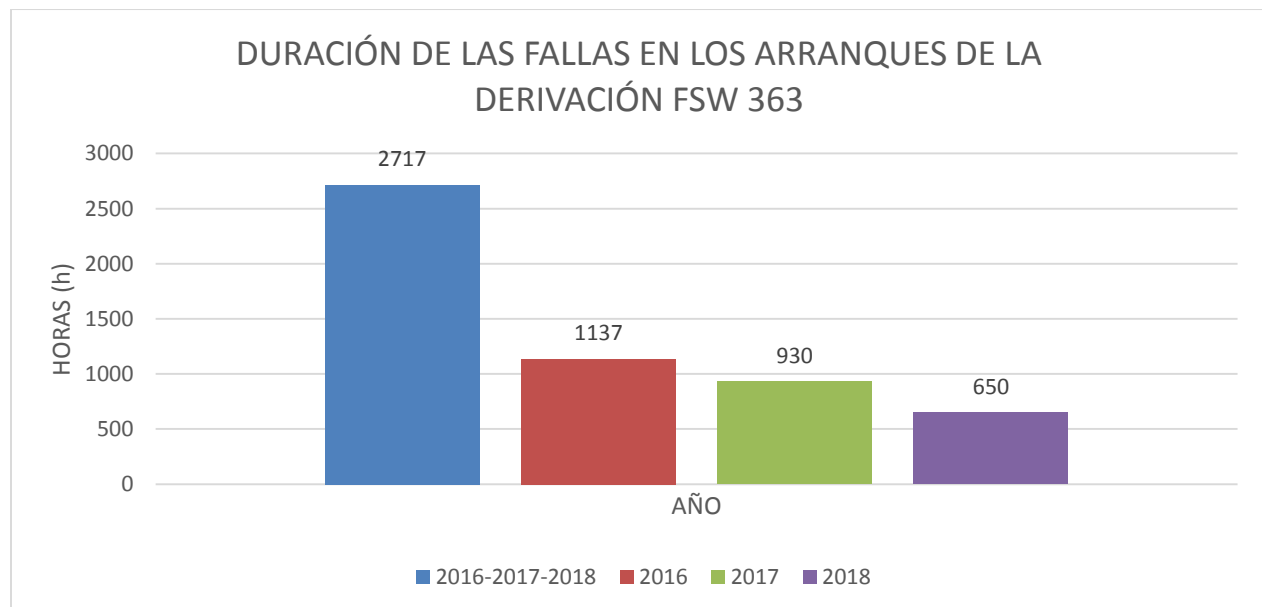
Tabla 15 Duración de las fallas en los arranques de la derivación FSW363

DURACIÓN DE LAS FALLAS EN LOS ARRANQUES DE LA DERIVACIÓN FSW 363	
Año	Duración (h: min)
2016-2017-2018	2717:49
2016	1137:36
2017	929:45
2018	650:28

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 15 se encuentra la duración de las desconexiones en horas de los arranques de la derivación FSW 363 de los años 2016, 2017, 2018 y la duración total de estos tres años que se evidencia en la gráfica 23.

Gráfica 23 Duración de las fallas en los arranques de la derivación FSW363



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 23 se observa la duración de la desconexión en horas de los arranques que se encuentran en la derivación FSW 363 en los años 2016, 2017 y 2018. Al realizar una comparación entre la duración de la desconexión del circuito PALDONJUANA que son 8099 horas y la derivación FSW363 que son 2717 horas que son el 33.54% del total en horas de desconexión del circuito PALDONJUANA.

Tabla 16 Duración de fallas en los arranques de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018

DURACIÓN DE FALLAS EN LOS ARRANQUES DE LA DERIVACIÓN FSW363 EN MESES DE LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018			
MES	AÑO		
	2016 (h: min)	2017 (h: min)	2018 (h: min)
ENERO	21:57	128:11	64:36
FEBRERO	29:40	41:33	131:39
MARZO	29:19	61:17	53:37
ABRIL	61:49	67:30	133:31
MAYO	80:07	90:24	50:09
JUNIO	75:33	77:37	113:42
JULIO	126:07	0:00	52:16
AGOSTO	20:09	293:37	0:00
SEPTIEMBRE	53:57	0:00	18:18
OCTUBRE	285:41	28:43	32:37
NOVIEMBRE	159:16	116:26	0:00
DICIEMBRE	193:58	24:23	0:00
TOTAL	1137:36	929:45	650:28

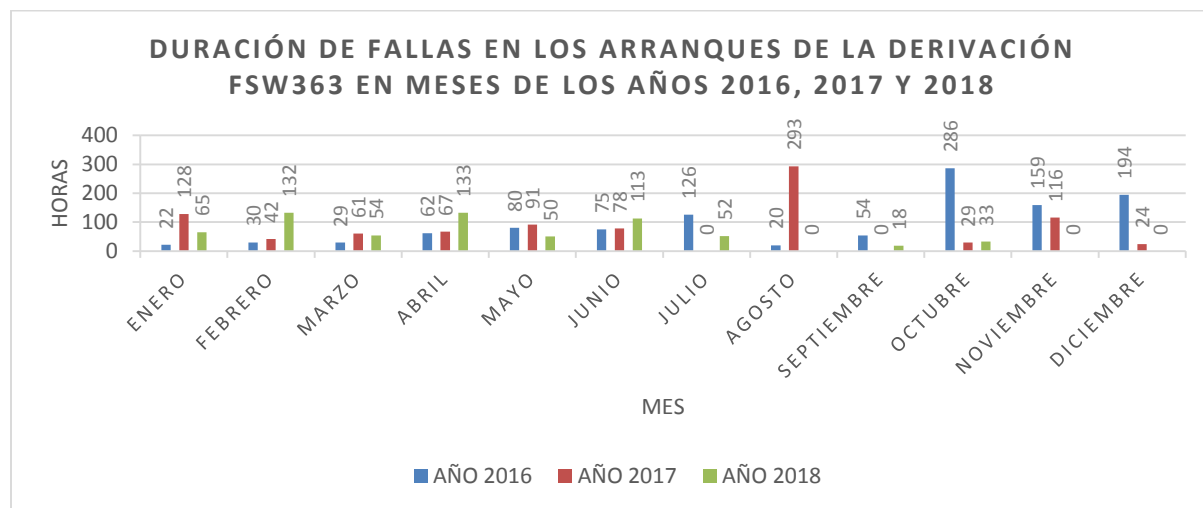
Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 16 se encuentran la cantidad de horas y minutos de las desconexiones que existieron en cada uno de los meses de los años 2016, 2017 y 2018 en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA. De la cual se puede evidenciar en la gráfica 24.

En la gráfica 16 se observa la duración en horas de las desconexiones en cada mes de los años 2016, 2017 y 2018 de los Arranques en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA. Teniendo mayor duración los meses de noviembre, junio y octubre teniendo la máxima duración agosto de 2017 con una duración de 246 horas.

Los meses de abril, agosto, octubre y diciembre presentan gran cantidad de horas sin conexión en un solo año.

Gráfica 24 Duración de fallas en los arranques de la derivación FSW363 en meses de los años 2016, 2017 y 2018



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

3.3 NÚMERO DE USUARIOS AFECTADOS

USUARIOS AGUAS ABAJO DE LA DERIVACIÓN FSW363

TABLA 17 Número de usuarios aguas abajo de la derivación FSW363

USUARIOS AGUAS ABAJO DE LA DERIVACIÓN FSW363		USUARIOS AGUAS ABAJO DE LA DERIVACIÓN FSW363		USUARIOS AGUAS ABAJO DE LA DERIVACIÓN FSW363	
Código spard trafo	Usuarios	Código spard trafo	Usuarios	Código spard trafo	Usuarios
1T08087	2	1T04262	2	1T04260	3
1T04256	8	1T08098	0	1T04238	3
1T04258	20	1T04267	1	1T04239	2
1T04247	8	1T04235	6	1T04234	11
1T07599	4	1T04266	2	1T04236	6
1T11999	2	1T09932	2	1T04252	10
1T08089	3	1T04265	1	1T04250	6
1T08088	4	1T04264	1	1T04243	4
1T11139	1	1T12450	1	1T04241	4
1T10164	1	1T08096	6	1T12223	2
1T04244	13	1T10351	3	1T04242	5
1T09826	1	1T04263	4	1T04240	2
1T04246	1	1T04237	7	1T04248	4
1T09827	5	1T07362	3	1T04249	10
1T04245	9	1T04261	5	1T04253	1
1T04259	5	1T04268	7	1T04255	1
1T04251	5	1T08091	4	1T04254	4

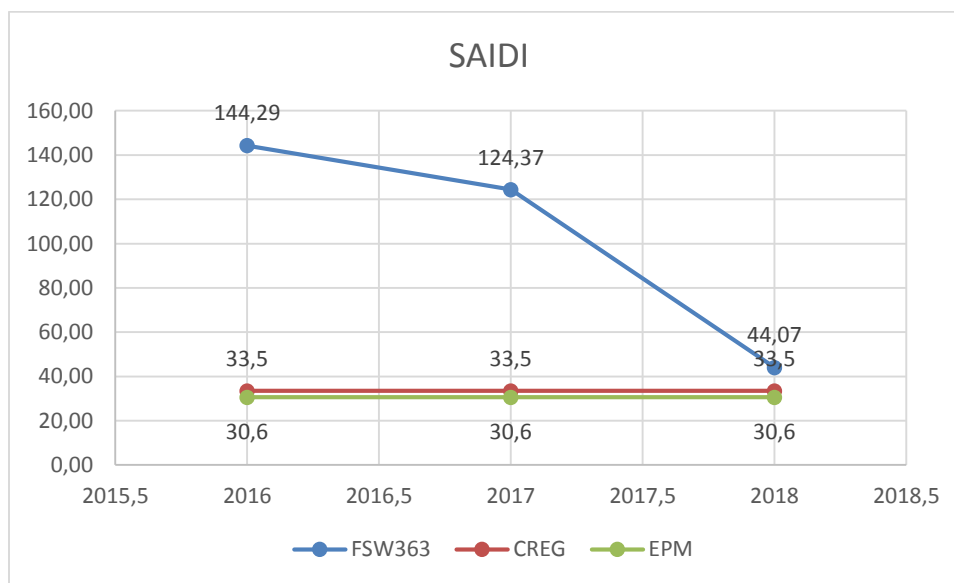
Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 17 se encuentran la cantidad de usuarios que se encuentran aguas abajo de la Derivación FSW363 que en total son 225. Esta cantidad de usuarios se ven afectados cuando ocurre una desconexión en los arranques o transformadores mencionados anterior mente en este capítulo.

Esta información fue suministrada por centrales simulando una falla en la derivación FSW363 con el programa SPARD, se seleccionó la información necesaria para sacar la tabla 17.

En la gráfica 25 se observa el indicador de calidad media SAIDI de derivación FSW363 donde se tienen las metas establecidas por el plan estratégico del grupo EPM. Donde para la CREG es de 33.5 horas y para el grupo EPM es de 30.6 horas cada año.

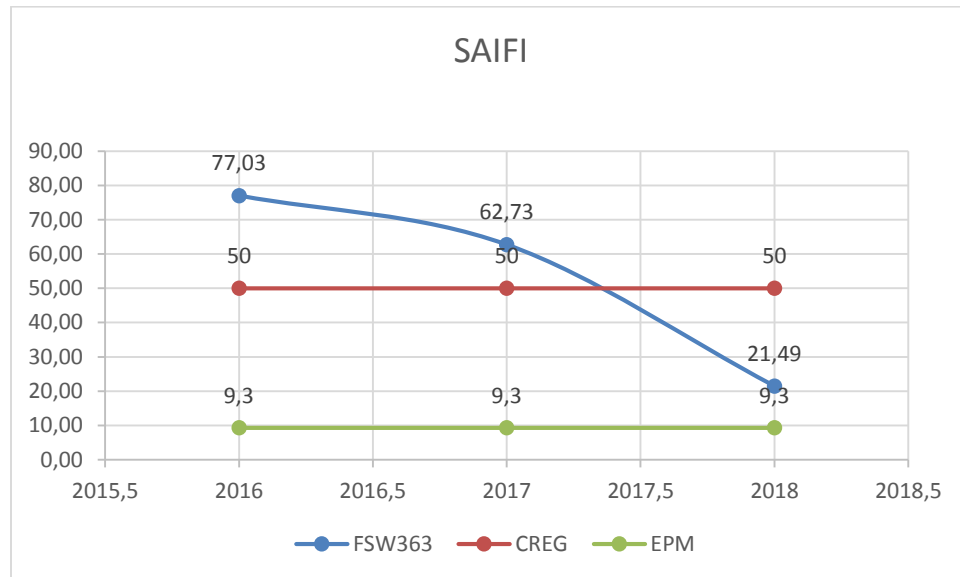
Gráfica 25 SAIDI derivación FSW363



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 25 se observa que el SAIDI está por encima de las metas establecidas por la CREG y por el grupo EPM en los tres años siendo esto un motivo de penalización para la empresa. De esta forma tiene un impacto negativo económicamente.

En la gráfica 26 se observa el indicador de calidad media SAIFI de derivación FSW363 donde se tienen las metas establecidas por el plan estratégico del grupo EPM. Donde para la CREG es de 50 veces y para el grupo EPM es 9.3 veces cada año.

Gráfica 26 SAIFI Derivación FSW363

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la gráfica 26 se observa que el SAIFI supera las metas establecidas por el grupo EPM y por la CREG en los años 2016 y 2017, siendo este un motivo de penalización para la empresa teniendo un impacto negativo económicamente con respecto al número de desconexiones de la derivación FSW363.

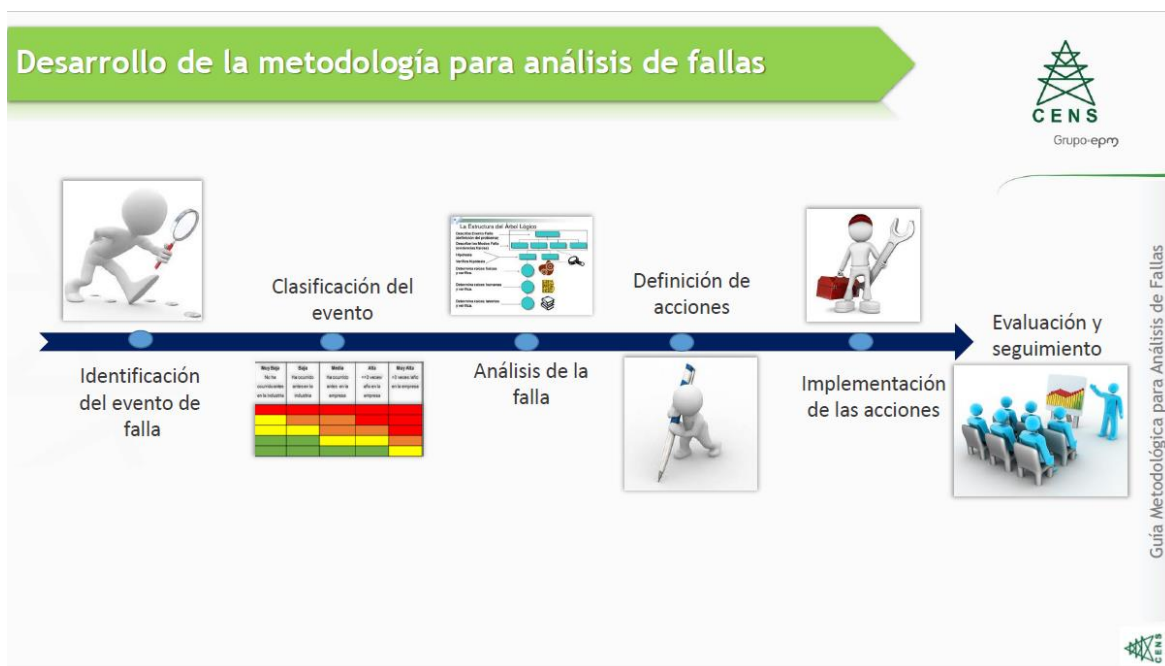
En el 2018 el SAIFI mejora estando por debajo de la meta propuesta por la CREG recibiendo una remuneración económica, sin embargo se encuentra por encima de las metas establecidas por el grupo EPM.

Capítulo 4

En este capítulo se observa detalladamente la cantidad de fallas que ocurren en los transformadores según sus causas y subcausas. Estas causas y subcausas se modificaron en el libro de Excel Análisis de fallas FSW363, esto se realizó según el comentario del profesional que realiza esta tarea, de forma que la información que se muestra tenga una mejor interpretación en las gráficas. Además, se muestra a continuación la metodología de gestión de activos de CENS.

4. ANALIZAR LAS DERIVACIONES DEFINIDAS COMO CRÍTICAS CON LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE ACTIVOS DE CENS.

ILUSTRACIÓN 1 Desarrollo de la metodología para el análisis de fallas



Fuente CENS

En la ilustración 1 se pueden observar los pasos a seguir de la metodología para el análisis de falla en este trabajo de grado llegaremos hasta Definición de acciones ya que la implementación y evaluación del seguimiento dependen de CENS.

PASO A PASO

- Identificación del evento

“Todos los eventos de falla ocurridos deben ser reportados, el registro de cada evento y la generación del reporte está a cargo del responsable del área o el proceso donde ocurre el evento” [6].

- ✓ “El primer testigo es el funcionario que identifica el evento y es el encargado de la recolección primaria de evidencia con el fin de alimentar el análisis posterior” [6].
- ✓ “El segundo testigo es el funcionario que fue programado para corregir la falla y es el encargado de la recolección secundaria de evidencia (Fotografías, videos, grabaciones, bosquejos y registros electrónicos)” [6].

- Identificación del evento de falla

- ✓ “**Información del evento de falla:** Describir el evento (que ocurrió), fecha y hora, duración del evento, equipo o los sistemas afectados, que componente falló, donde ocurrió el evento” [6].
- ✓ “**Evidencias de la falla:** Registrar antecedentes de la falla, las alarmas que se presentaron y los hallazgos que se hayan podido encontrar durante la ejecución de las acciones de restablecimiento” [6].
- ✓ “**Acciones de corrección:** Registrar que actividad se realizó para corregir el evento de falla” [6].
- ✓ “Describir si hay afectación ambiental, arboles, fauna” [6].
- ✓ “Describir si hay afectación de seguridad de las personas, muertes, incapacidades” [6].

- **CLASIFICACIÓN DEL EVENTO**

Los objetos de impacto para la evaluación de la consecuencia son personas, ambiente, financiero y reputación. [6]

✓ **Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de la falla**

Evaluación de la Probabilidad de ocurrencia de la falla

Clasificación	Interpretación por año/mes
Muy alta	El evento ocurre aproximadamente cada 3 mes.
Alta	El evento ocurre aproximadamente cada 6 meses.
Media	El evento ocurre aproximadamente cada 1 año.
Baja	El evento ocurre aproximadamente cada 3 años.
Muy baja	El evento ocurre aproximadamente cada 19 años.

Fuente CENS

✓ **Matriz de evaluación de riesgos para análisis de fallas**

		CONSECUENCIA				
		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
PROBABILIDAD		1	2	4	8	16
Muy alta	5	5	10	20	40	80
Alta	4	4	8	16	32	64
Media	3	3	6	12	24	48
Baja	2	2	4	8	16	32
Muy Baja	1	1	2	4	8	16

Fuente CENS

✓ **CATEGORIAS DE INVESTIGACIÓN**

Verde Categoría 1

“Para estos eventos solo se tendrá como soporte de lo sucedido la OT correctiva debidamente documentada e incorporando en sus anexos la información Básica del evento” [6].

Amarillo Categoría 2

“Se realiza el análisis de causas a través de la **plantilla de análisis de cinco ¿Por qué?** (donde se establezcan las causas inmediatas y las causas raíces) Definiendo las acciones de mejoramiento (correcciones y acciones correctivas, si son necesarias y económicamente viables)” [6].

Naranja Categoría 3

“Para este tipo de investigación es obligatorio la conformación de un equipo de análisis de causa raíz, el cual debe realizar el análisis del evento a través de las técnicas de árbol de fallas ver **plantilla análisis de causa raíz-mapa de causas**, los eventos se deben notificar a los subgerentes, jefe unidad o jefe Área interesado por el análisis” [6].

Rojo categoría 4

“Estos eventos se consideran de riesgo extremo, para este tipo de investigación es obligatorio la conformación de un equipo de análisis de causa raíz, el cual debe realizar el análisis del evento a través de la técnica árbol de fallas, diligenciando la **plantilla análisis de causa raíz- Árbol de fallas**. Los eventos se deben notificar al gerente, subgerentes, jefe unidad o jefe Área interesado por el análisis” [6].

✓ PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

Categoría 1 aceptable

- ❖ Realizar el registro de la falla en los sistemas de información disponibles en la organización. [6]
- ❖ Notificar al P2 interesado del análisis. [6]
- ❖ Realizar y documentar la orden de trabajo para la atención del evento. [6]
- ❖ Documentar acciones en la orden de trabajo. [6]
- ❖ Aprobar acciones correctivas: Profesional especializado o profesional que ejerza el rol de Gestor de equipo de trabajo. [6]

Posibles participantes: Responsable de identificar la falla o evento y responsable de la información del evento interesado del análisis. [6]

Categoría 2 Tolerable

- ❖ Realizar el registro de la falla en los sistemas de información disponibles en la organización. [6]
- ❖ Notificar al subgerente, jefe unidad o jefe Área, interesado por el análisis. [6]
- ❖ Realizar y documentar la orden de trabajo para la atención del evento. [6]
- ❖ Elaborar y enviar el reporte preliminar de falla al CET, subgerentes, jefe unidad o jefe Área interesado por el análisis o equipos de trabajos impactados. [6]
- ❖ Realizar el análisis en un plazo máximo de quince días. [6]

- ❖ Técnica: 5 ¿por qué? [6].
- ❖ Consolidar el informe de análisis de fallas. [6]
- ❖ Aprobar acciones correctivas: subgerente, jefe unidad, jefe Área. [6]

Posibles participantes

Responsable de identificar la falla o evento, responsable de la información del evento, interesado del análisis, líder de la metodología, facilitador de la metodología y aprobador. [6]

Categoría 3 Alto

- ❖ Realizar el registro de la falla en los sistemas de información disponibles en la organización. [6]
- ❖ Notificar al subgerente, jefe unidad o jefe Área, interesado por el análisis. [6]
- ❖ Realizar y documentar la OT para la atención del evento y crear OT hija para documentar y costear el análisis de falla. [6]
- ❖ Elaborar y enviar el reporte preliminar de falla al CET, subgerentes, jefe unidad o jefe Área interesado por el análisis o equipo de trabajos impactados. [6]
- ❖ Iniciar análisis de falla dentro de la primera semana. [6]
- ❖ Técnicas: Árbol de fallas, espina de pescado, mapa de causas. [6]
- ❖ Consolidar el informe de análisis de fallas. [6]
- ❖ Aprobar acciones correctivas: comité de análisis de fallas. [6]

Posibles participantes

Equipo de análisis de causa raíz RCA

Categoría 4 Extremo

- ❖ Realizar el registro de la falla en los sistemas de información disponibles en la organización. [6]
- ❖ Notificar al gerente, subgerente, jefe unidad o jefe Área interesado por el análisis. [6]
- ❖ Realizar y documentar la OT para la atención del evento y crear OT hija para documentar y costear el análisis de falla. [6]

- ❖ Elaborar y enviar el reporte preliminar de falla al CET, subgerentes, jefe unidad o jefe Área interesado por el análisis o equipos de trabajos impactados. [6]
- ❖ Iniciar análisis de falla dentro de la primera semana. [6]
- ❖ Técnicas: Árbol de fallas. [6]
- ❖ Consolidar el informe de análisis de fallas. [6]
- ❖ Aprobar acciones correctivas: comité de análisis de fallas. [6]

Posibles participantes

Equipo de Análisis de Causa Raíz RCA

- **ANÁLISIS DE LA FALLA**

TÉCNICAS DE ANÁLISIS

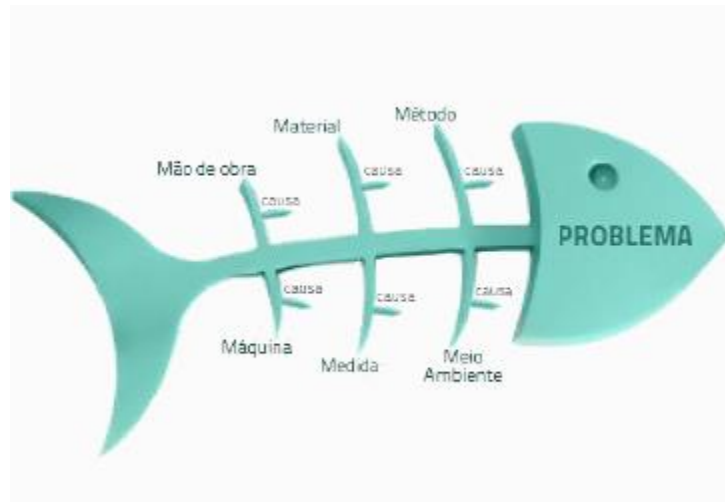
- ✓ **5 ¿Por qué?**

Es una técnica de análisis utilizada para la resolución de problemas que consiste en realizar sucesivamente la pregunta ¿Por qué? Hasta obtener la causa raíz del problema, con el objeto de poder tomar las acciones necesarias para erradicarla y solucionar el problema. [6]

- ✓ **DIAGRAMA DE CAUSA – EFECTO (MÉTODO ISHIKAWA) O DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO**

Es una forma de representar gráficamente las categorías de las causas de falla. Con esta metodología se visualizan las causas específicas para corregir. Aplica para fallas en equipos con varios componentes o con varios modos de falla, en sistemas con varios equipos y para fallas en las que se incorporan causas externas. Identifica el evento y define categorías de las posibles causas que dieron origen al mismo. Es una técnica muy empleada para el análisis de eventos relacionados con calidad. [6]

Ilustración 2 Diagrama de causa - efecto (espina de pescado)

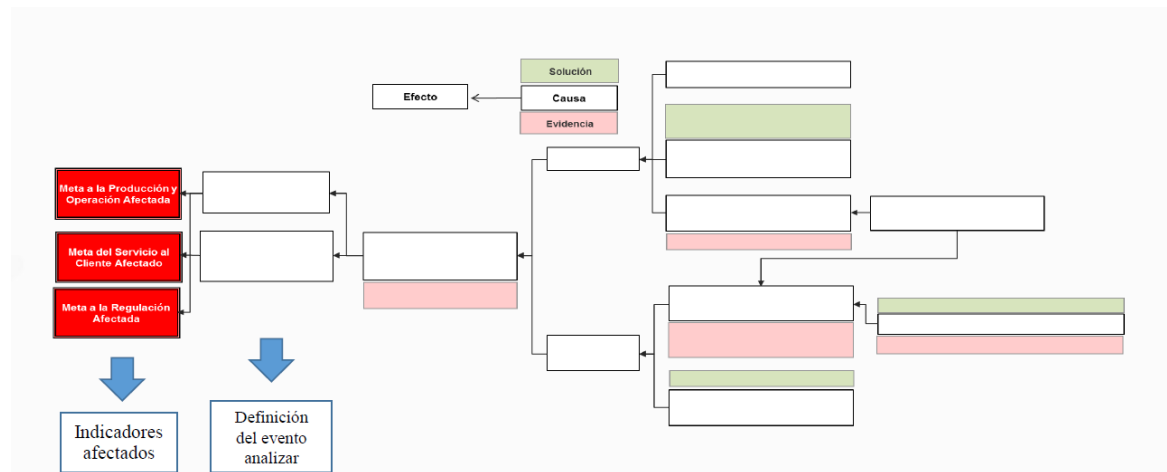


Fuente CENS

✓ Mapa de causas

Es la representación de diferentes elementos de un sistema que permiten la identificación de las causas de un problema. [6]

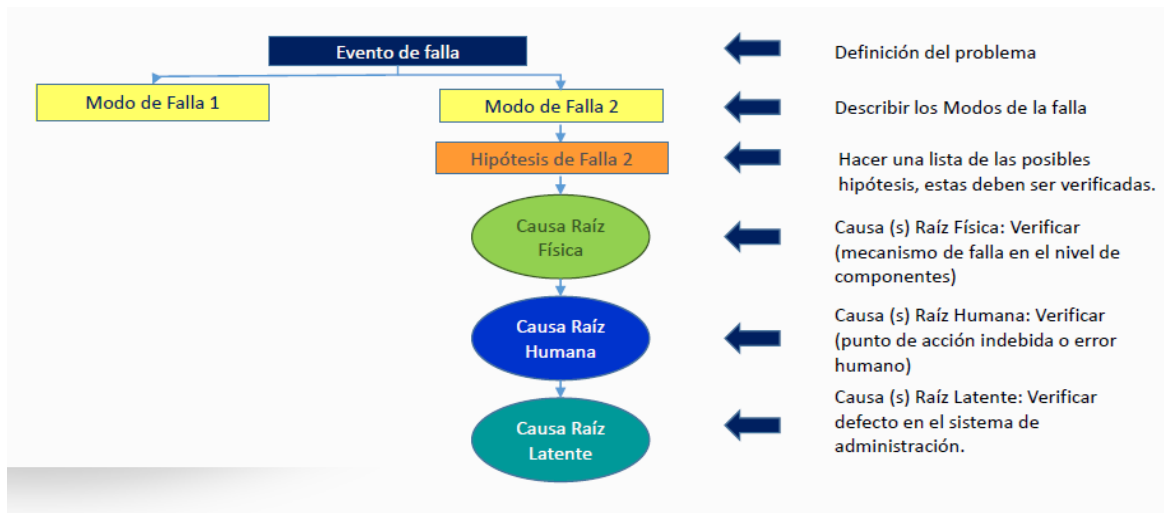
Ilustración 3 Mapa de causas



Fuente CENS

✓ Es un método de análisis deductivo a partir de un evento no deseado o problema cuya recurrencia se pretende evitar. Es un método grafico arriba – abajo, que parte del evento de falla y va descendiendo a través de los siguientes niveles. [6]

Ilustración 4 Árbol de fallas



Fuente CENS

• DEFINICIÓN DE ACCIONES

Ilustración 5 Definición de acciones

8. ACCIONES CORRECTIVAS								
No.	CAUSA / HIPÓTESIS CUBIERTA	DESCRIPCIÓN ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE			IMPLEMENTACIÓN		MATRIZ IMPACTO-ESFUERZO
			Nombre	Dependencia	Fecha Objetivo	Costo (\$) Estimado	Beneficio-Costo	
							0	
							0	
							0	
							0	

Acción definida para eliminar la(s) causa(s) de un hallazgo potencial u otra situación potencial indeseable.

- ❖ Previene la recurrencia del evento
- ❖ Su ejecución está bajo el control de la organización
- ❖ Es viable (costo-beneficio)
- ❖ No crea nuevos problemas
- ❖ Cumple con las metas y objetivos de la organización

Se debe Aplicar la metodología de Gestión de Planes de Mejoramiento definida en el Proceso Seguimiento a la Gestión y Resultados de Proceso.

Diligenciar Beneficios del análisis de falla

$$Relación (Costo - Beneficio) = \left(\frac{\$ Beneficios Esperados}{\$ Costo acciones correctivas} \right)$$

>1 es beneficiosa
 =1 mismo costo implementar la solución que el costo del evento
 <1 no es beneficiosa las acciones correctivas

Fuente CENS

✓ ELABORACIÓN DE INFORME RCA

El interesado en el análisis será el encargado de coordinar la elaboración del informe análisis de falla el cual es elaborado por el equipo de análisis de causa raíz apoyado por el facilitador de la metodología. [6]

✓ **APROBACIÓN DE INFORME RCA**

- ❖ Informe de eventos categoría 3 y 4 => comité análisis de fallas. [6]
- ❖ Eventos categoría 2 => subgerente, jefe unidad, jefe área. [6]

Causas (subcausas)

- Actúa fusible (desconocida, ramas sobre la red y vientos).
- Falla en trafo (bajante en mal estado, falla buje/ dps/ cortacircuitos de transformador, falla en acometida/ caja de distribución, falla en fusible).
- Falla en poste y/o estructura (poste en mal estado).
- Fallas en la red (árbol caído, conexiones ilegales, corto en líneas por vientos y/o animales, descarga atmosférica, líneas destensionadas, líneas rotas y ramas sobre la red).
- Mantto programado (instalación/mantenimiento cambio equipo medida).
- Trafo fallado (cambio trafo distribución fallado y descarga atmosférica).

En arranques se hizo un procedimiento similar al de transformadores las causas y subcausas en arranques son.

Causas (subcausas)

- Actúa fusible (coordinación de protecciones, desconocida y vientos).
- Apertura para aislar y reparar daño sobre la línea (cruceta en mal estado y vientos).
- Descargas atmosféricas (descargas atmosféricas, dps en falla y portafusible fallado).
- Falla en trafo (coordinación de protecciones y trafo fallado).
- Falla en poste y/o estructura (Árbol caído y poste en mal estado).

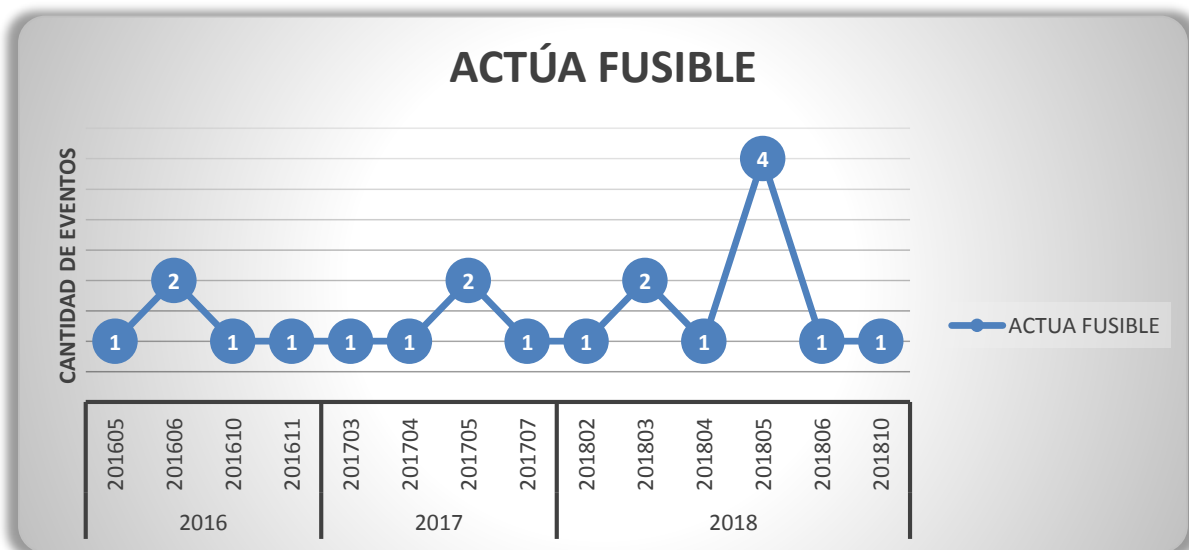
- Fallas en la red (Conexión ilegal, corto por animal, descargas atmosféricas, línea rota, líneas distensionadas y ramas en la red).
- Mantenimiento general del circuito (Cambio de posteria).

4.1 Transformadores

4.1.1 Causa actúa fusible

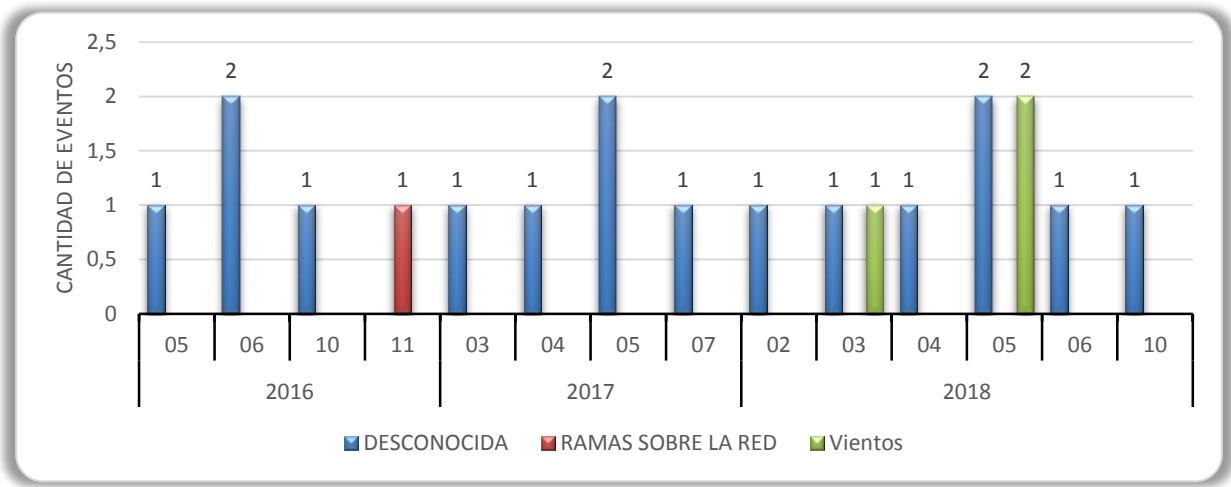
En la gráfica 27 se observa la cantidad de eventos que ocurrieron en el transcurso de los años 2016, 2017 y 2018 donde se observa que existió más de una desconexión entre los meses de mayo y junio. En 2016 5 desconexiones, en 2017 5 desconexiones y en 2018 10 desconexiones que en total los tres años son 20 desconexiones.

Gráfica 27 Cantidad de eventos por causa de actúa fusible



Fuente CENS

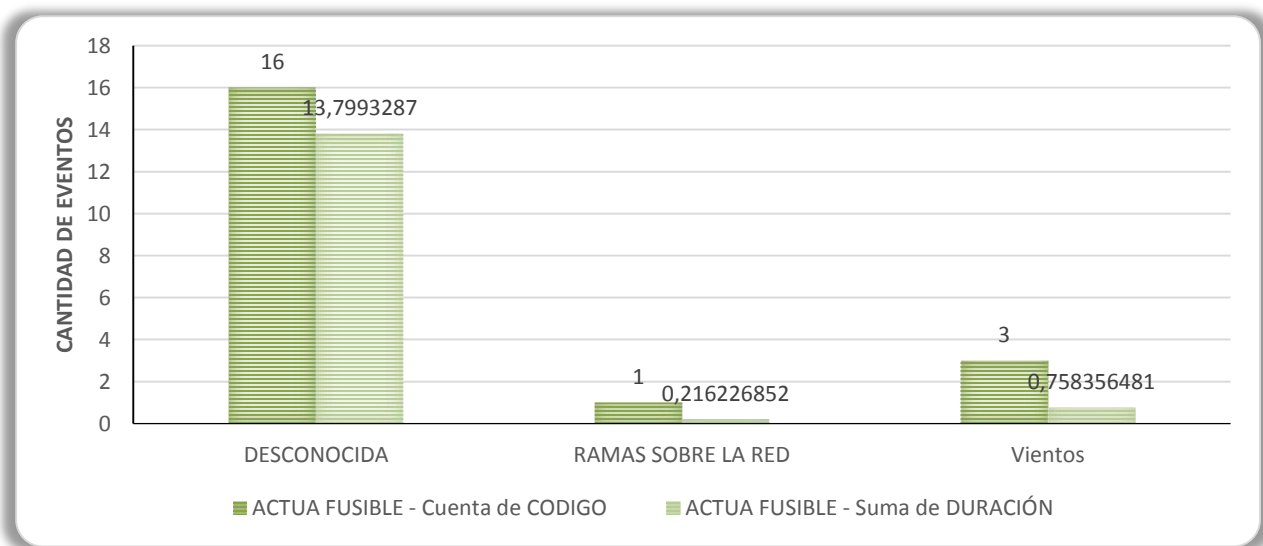
Gráfica 28 Subcausas de actúa fusible



Fuente CENS.

En la gráfica 28 se evidencia la cantidad de veces que existieron desconexiones del servicio de energía eléctrica por causa de Actúa fusible y subcausas como desconocida ramas sobre la red y vientos.

Gráfica 29 Eventos vs duración de las subcausas de actúa fusible.



Fuente CENS

En la gráfica 29 se encuentra la agrupación por subcausas de la cantidad de eventos que ocurrieron en los años 2016, 2017 y 2018 por la causa de actúa fusible haciendo una comparación en la cantidad de eventos vs la duración de estas desconexiones la duración se encuentra en días

4.1.2 Causa falla en trafo

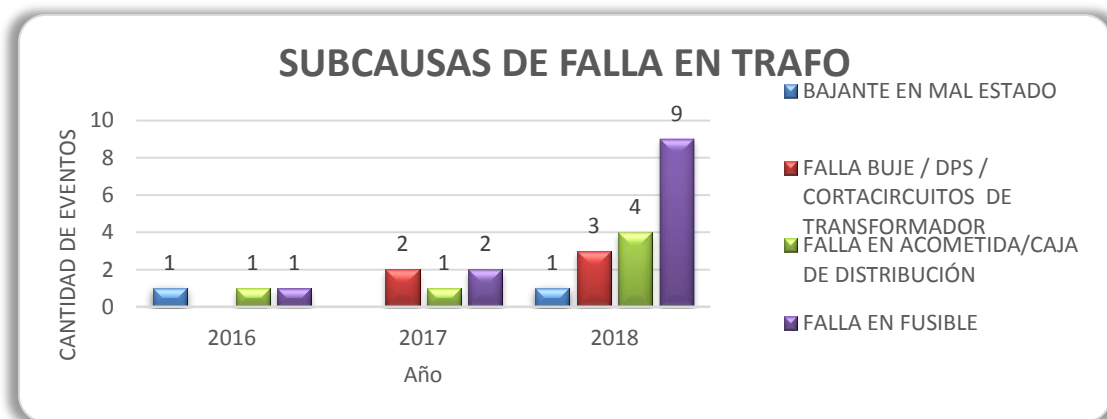
Gráfica 30 Cantidad de eventos por causa falla en trafo



Fuente CENS

En la gráfica 30 se observa la cantidad de eventos que ocurrieron en el transcurso de los años 2016, 2017 y 2018 donde se ve que las fallas por causa FALLA EN TRAF0 aumentaron en noviembre de 2017 y los meses de marzo, abril, mayo, junio, septiembre y diciembre siendo la máxima desconexión por FALLA EN TRAF0 el mes de junio de 2018 con 4.

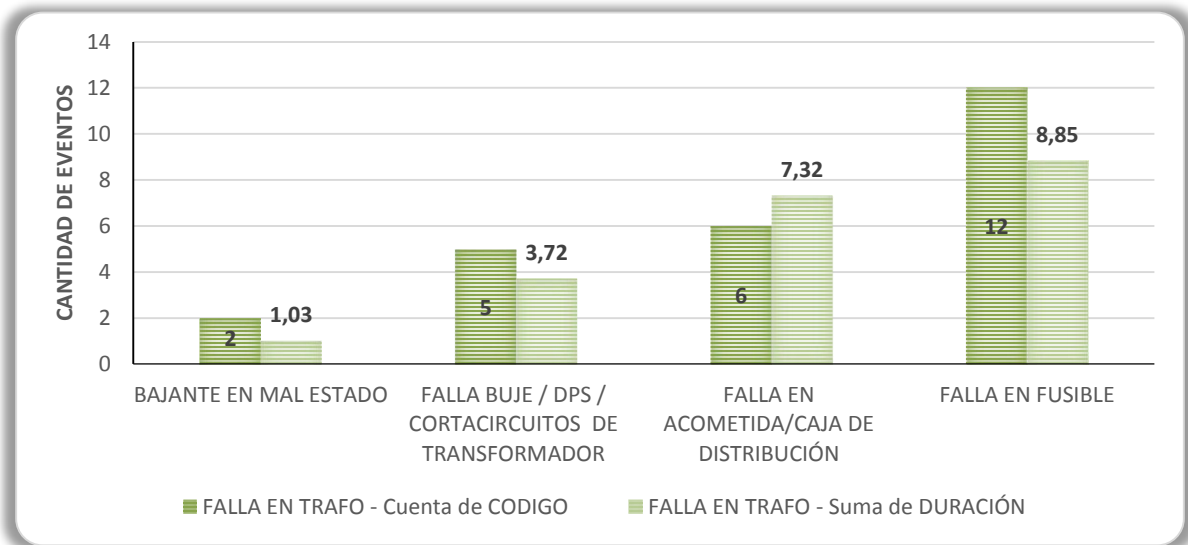
Gráfica 31 Subcausas de falla en trafo



Fuente CENS

En la gráfica 31 se observa que la subcausa con más impacto en la causa FALLA TRAFO es FALLA EN FUSIBLE con 12 desconexiones en los tres años y 9 en 2018.

Gráfica 32 Eventos vs duración de las subcausas de falla en trafo

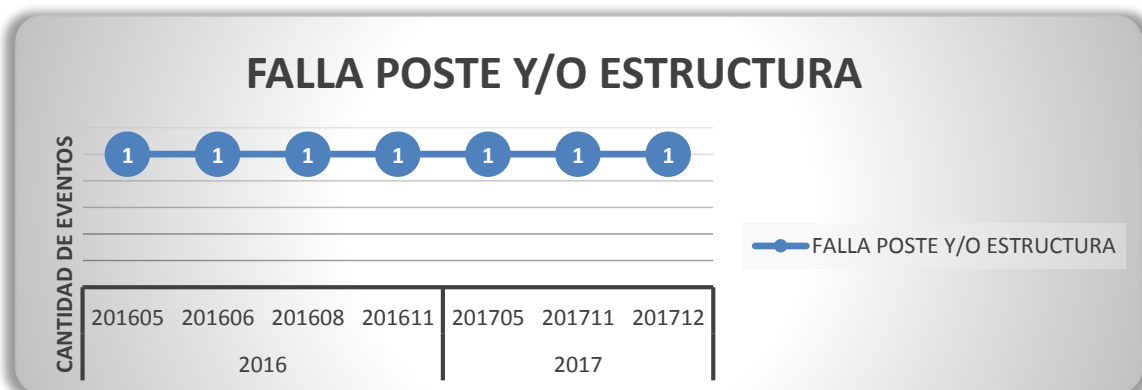


Fuente CENS

En la En la gráfica 32 se encuentra la agrupación por subcausas de la cantidad de eventos que ocurrieron en los años 2016, 2017 y 2018 por la causa de FALLA EN TRAFO haciendo una comparación en la cantidad de eventos vs la duración de estas desconexiones la duración se encuentra en días.

4.1.3 Causa falla poste y/o estructura

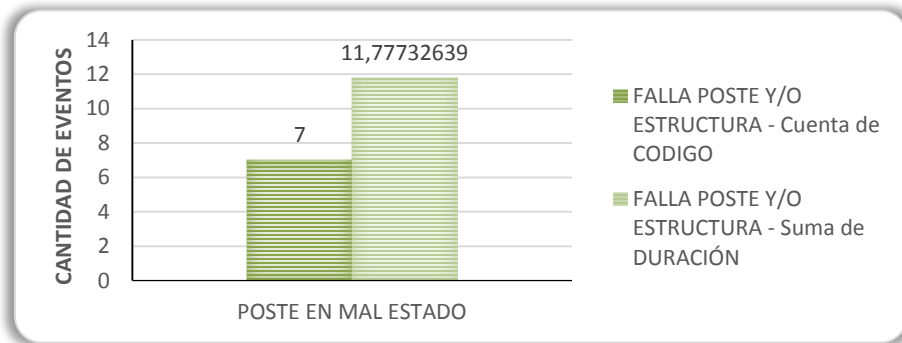
Gráfica 33 Falla poste y/o estructura



Fuente CENS

En la gráfica 33 se observa que la falla en poste y/o estructura no existieron desconexiones por esta causa en el año 2018.

Gráfica 34 Eventos vs duración de las subcausas de falla poste y/o estructura

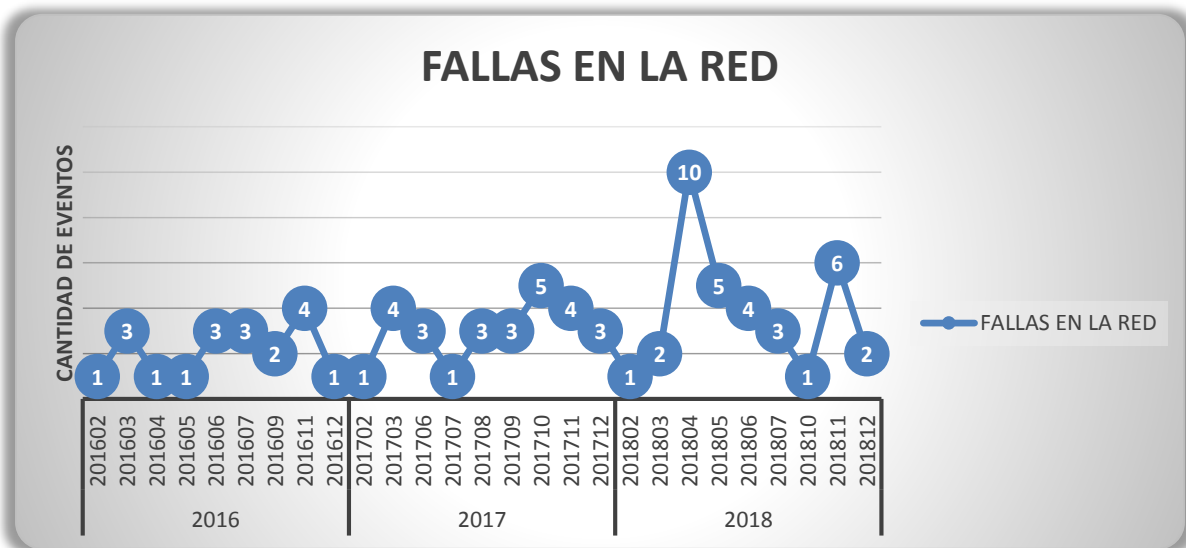


Fuente CENS

En la gráfica 34 se observa la cantidad de desconexiones que existieron por falla poste y/o estructura en el periodo de 2016 a 2018 con una cantidad de 7 desconexiones y 11.77 días de duración de estas desconexiones.

4.1.4 Fallas en la red

Gráfica 35 Cantidad de eventos por causa falla en la red

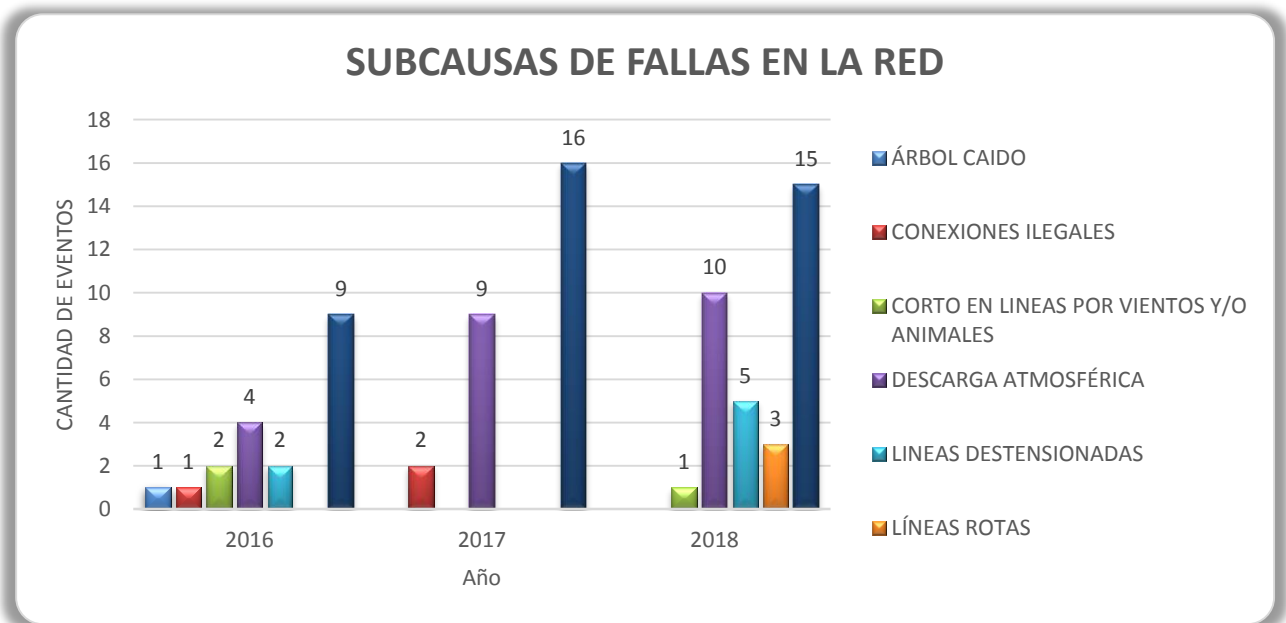


Fuente CENS

En la gráfica 35 se observa la cantidad de desconexiones por motivo de fallas en la red en la derivación FSW363.

En la gráfica 36 se observa que la subcausa con más desconexiones cada año es árbol caído, seguido de descarga atmosférica.

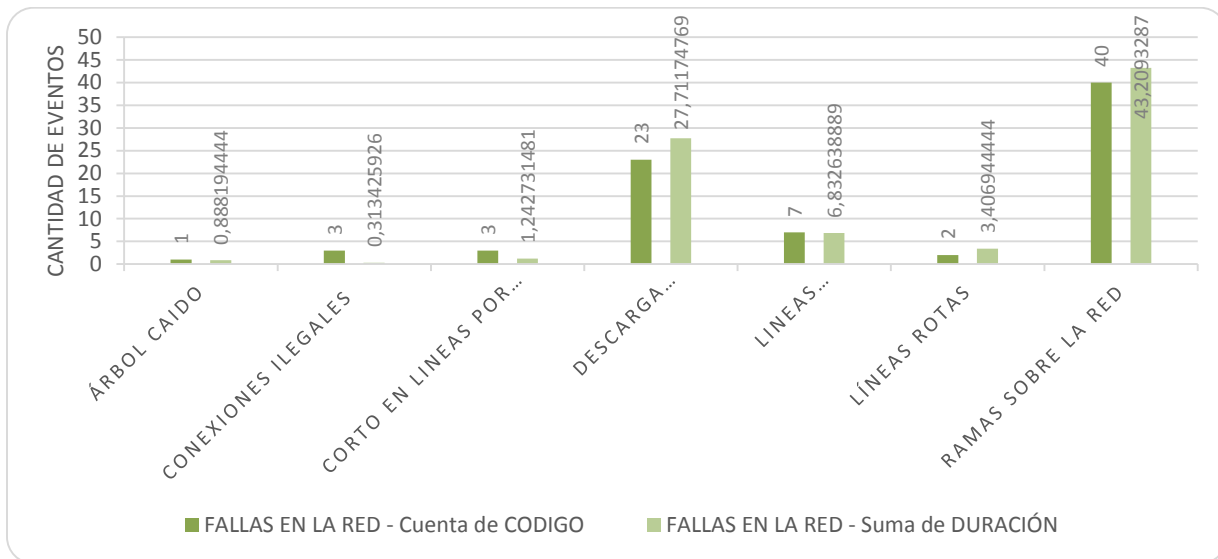
Gráfica 36 Subcausas de fallas en la red



Fuente CENS

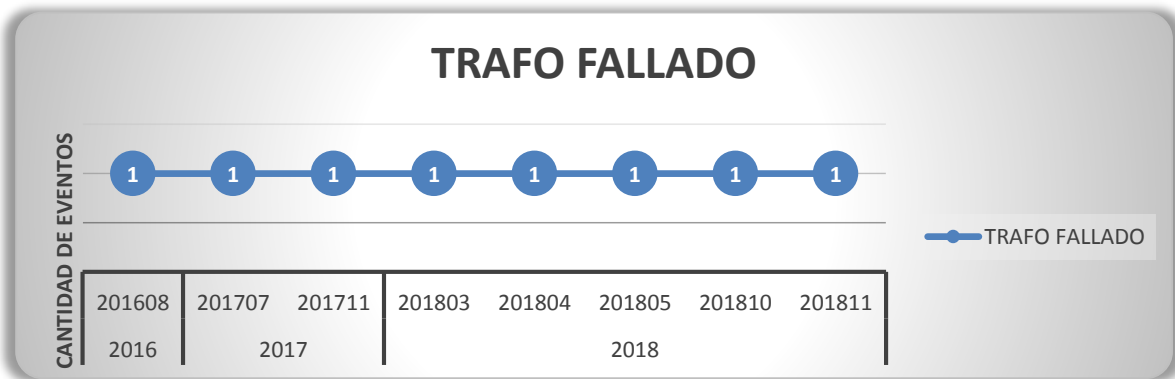
Eventos vs Duración

En la gráfica 37 se observa que la subcausa con más desconexiones y duración son ramas sobre la red y descarga atmosférica.

Gráfica 37 Eventos vs duración de las subcausas de fallas en la red.

Fuente CENS

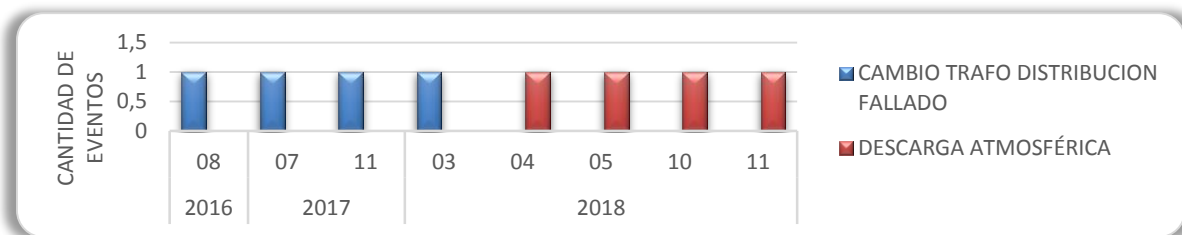
4.1.5 Trafo fallado

Gráfica 38 Cantidad de eventos por causa trafo fallado

Fuente CENS

En la gráfica 38 se observa la cantidad de eventos ocurridos a causa de trafo fallado en el transcurso de los años 2016, 2017 y 2018.

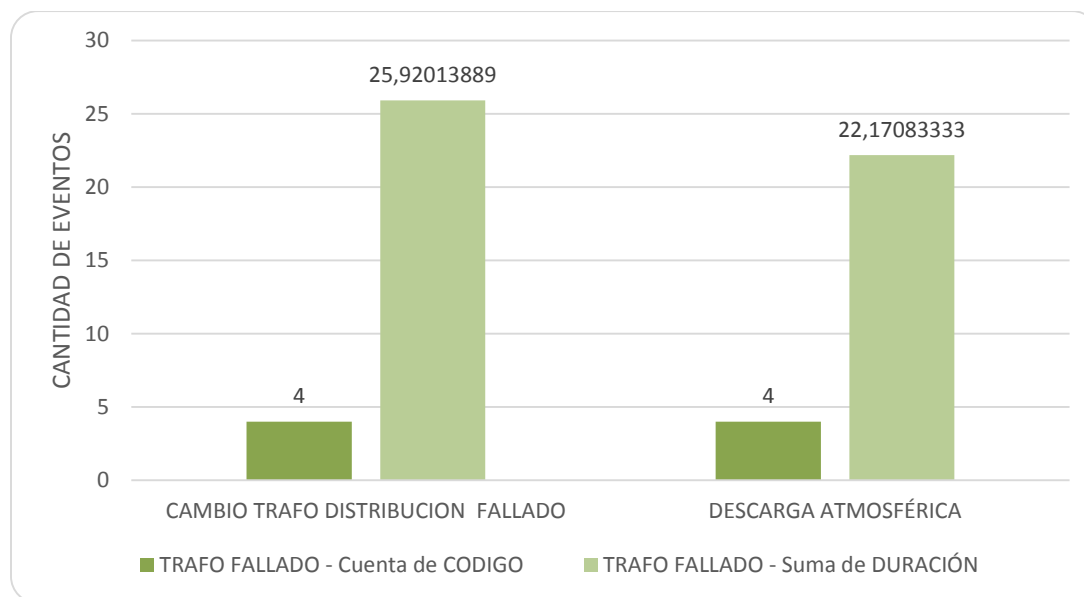
Gráfica 39 Subcausas de trafa fallado



Fuente CENS

En la gráfica 39 se observan las subcausas cambio de Trafo distribución fallado y descarga atmosférica. La subcausa de descarga atmosférica se presentó solo en el año 2018.

Gráfica 40 Eventos vs duración de las subcausas de trafa fallado



Fuente CENS

En la gráfica 40 se observa la cantidad de desconexiones por cambio trafa distribución fallado que son 4 con 25.9 días de duración y descarga atmosférica con 4 desconexiones y 22.17 días de duración.

4.1.6 Top 10 de transformadores con más duración de desconexión

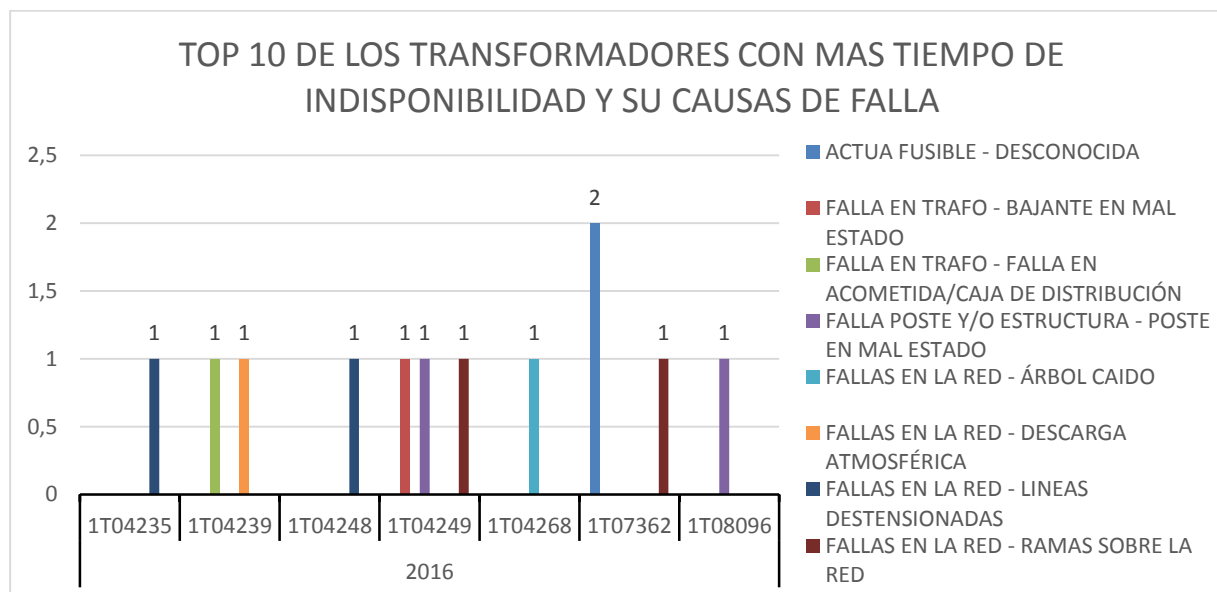
Tabla 18 Transformadores ordenados según la duración de la interrupción

Etiquetas de fila	Suma de DURACIÓN	Cuenta de USU_AFEC	Suma de CANTIDAD DE SALIDAS EN LOS AÑOS (206-2018)
1T04266	546:51:27	9	27
1T07362	311:42:59	6	11
1T04263	271:41:09	13	51
1T04248	269:32:00	6	10
1T04235	253:16:17	6	10
1T04264	218:01:00	1	1
1T04239	213:23:00	5	8
1T04268	190:37:04	5	11
1T08096	186:17:00	3	3
1T09827	179:31:09	8	19

Fuente CENS

En la Tabla 18 se observan los códigos SPARD de los transformadores ordenados de mayor a menor de acuerdo con la duración de estas desconexiones ocurridas en los años 2016, 2017 y 2018. Seleccionando los 10 transformadores con mayor duración de interrupción en los 3 años con estos se realizaron las gráficas 39, 40 y 41 identificando las causas de estas desconexiones.

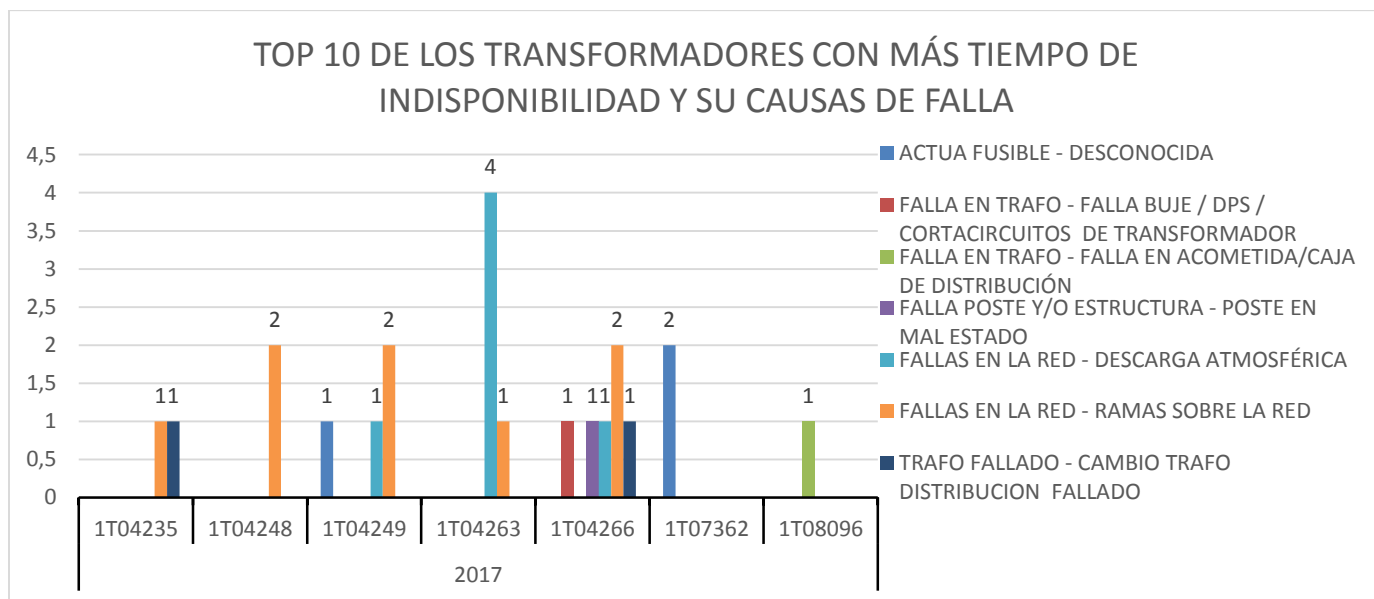
Gráfica 41 TOP 10 DE LOS TRANSFORMADORES CON MÁS TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD Y SU CAUSAS DE FALLA 2016



Fuente CENS

En la Gráfica 41 se puede observar que de los 10 transformadores seleccionados de la tabla 17 en el año 2016 fallaron 7, por las diferentes causas que se encuentran en la parte derecha de la gráfica.

Gráfica 42 Top 10 de los transformadores con más tiempo de indisponibilidad y subcausas de falla 2017

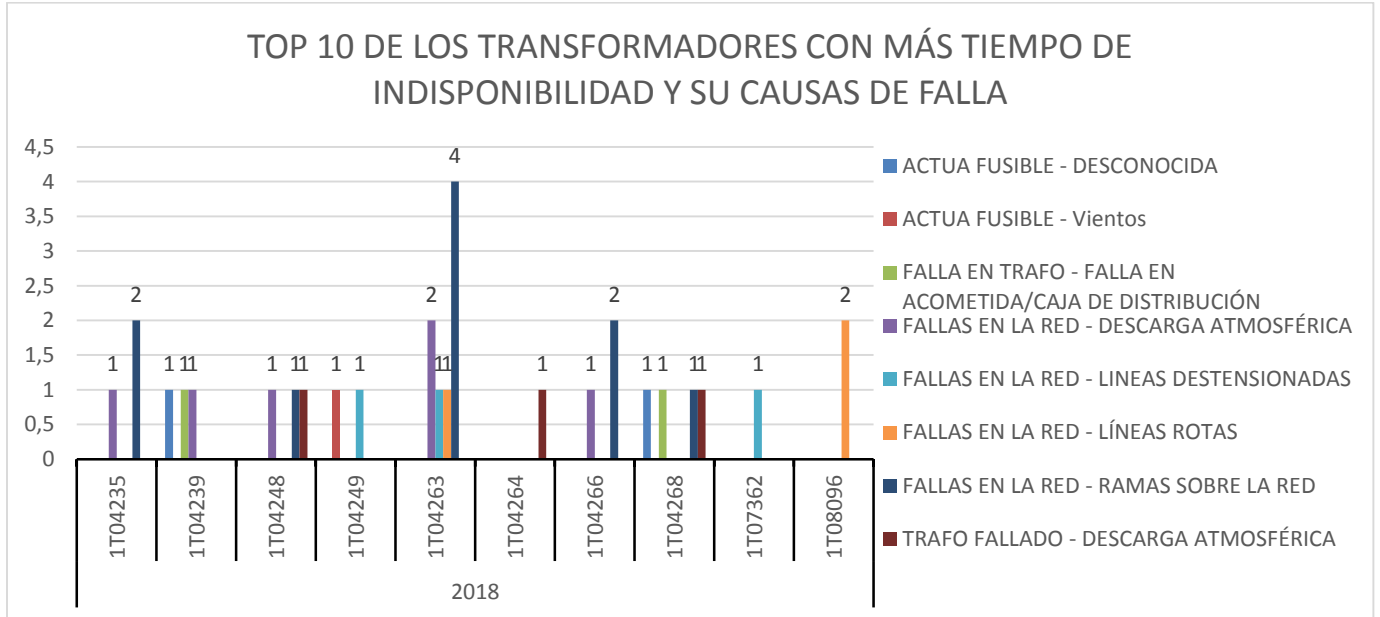


Fuente CENS

En la Gráfica 42 se puede observar que de los 10 transformadores seleccionados de la tabla 17 en el año 2017 fallaron 7, por las diferentes causas que se encuentran en la parte derecha de la gráfica.

En la Gráfica 43 se puede observar que los 10 transformadores seleccionados en el top10 de la tabla 17 Fallaron en el 2018.

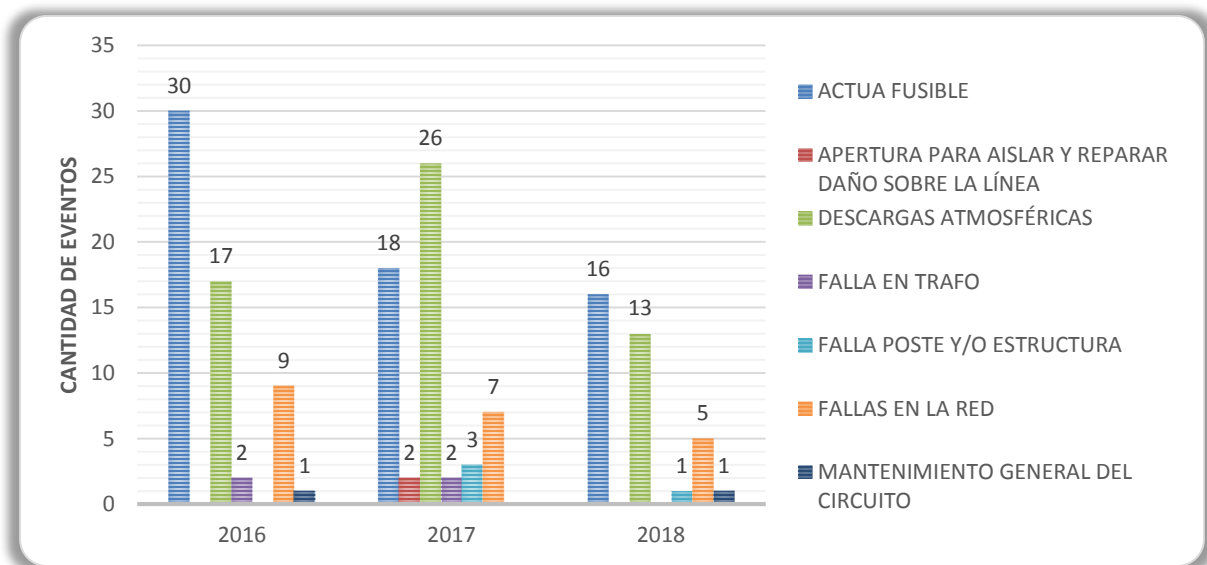
Gráfica top 10 de los transformadores con más tiempo de indisponibilidad y subcausas de falla 2018



Fuente CENS

4.2 Arranques

Gráfica 43 Cantidad de eventos por causas en arranques

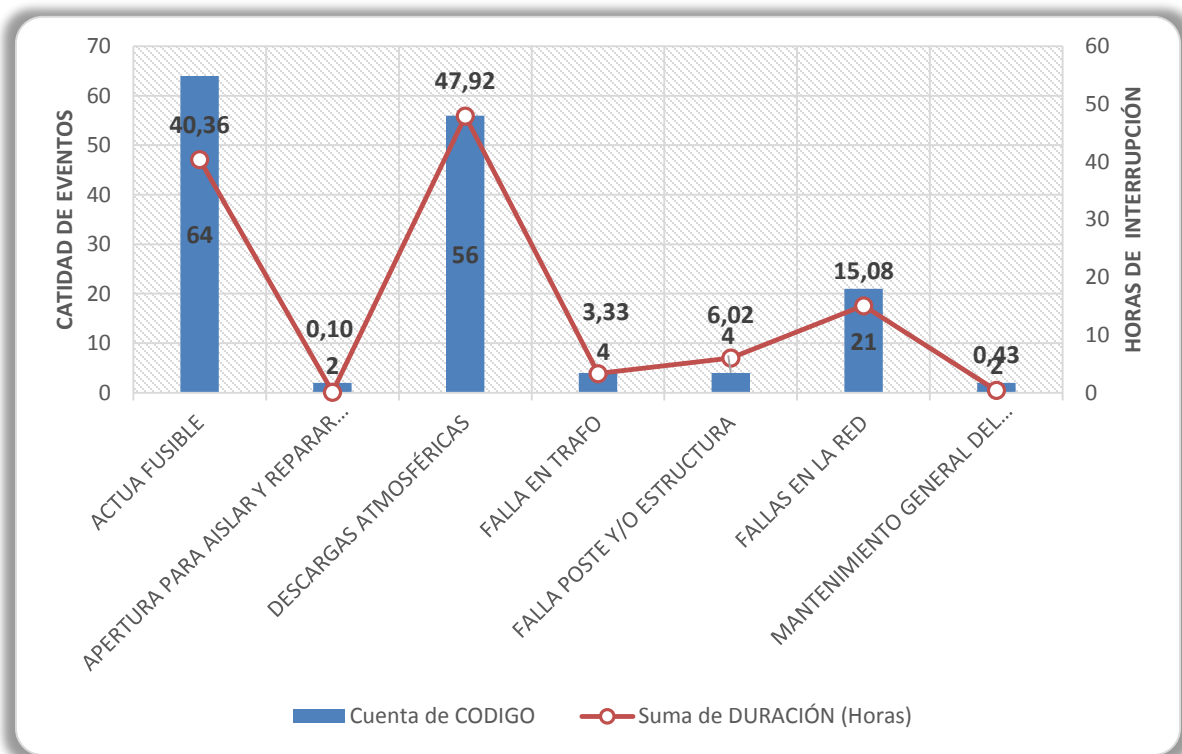


Fuente CENS

En la gráfica 44 se observa la cantidad de eventos por las causas Actúa fusible, apertura para aislar y reparar daño sobre la línea, descargas atmosféricas, falla en trafo, falla poste y/o estructura y fallas en la red. Que ocurrieron en los años 2016, 2017 y 2018 en los arranques aguas debajo de la derivación FSW363.

En la Gráfica 445 se observa la cantidad de desconexiones por causa en los arranques vs la duración de estas desconexiones.

Gráfica 44 Número de causas vs duración en horas



Fuente CENS

En la Tabla 19 se observan los códigos spard de los Arranques ordenados de acuerdo con la duración de las desconexiones ocurridas en los años 2016, 2017 y 2018. Seleccionando los 10 arranques con mayor duración de interrupción en los 3 años. Con los que se realizaron las gráficas 46, 47 y 48 identificando las causas de estas desconexiones

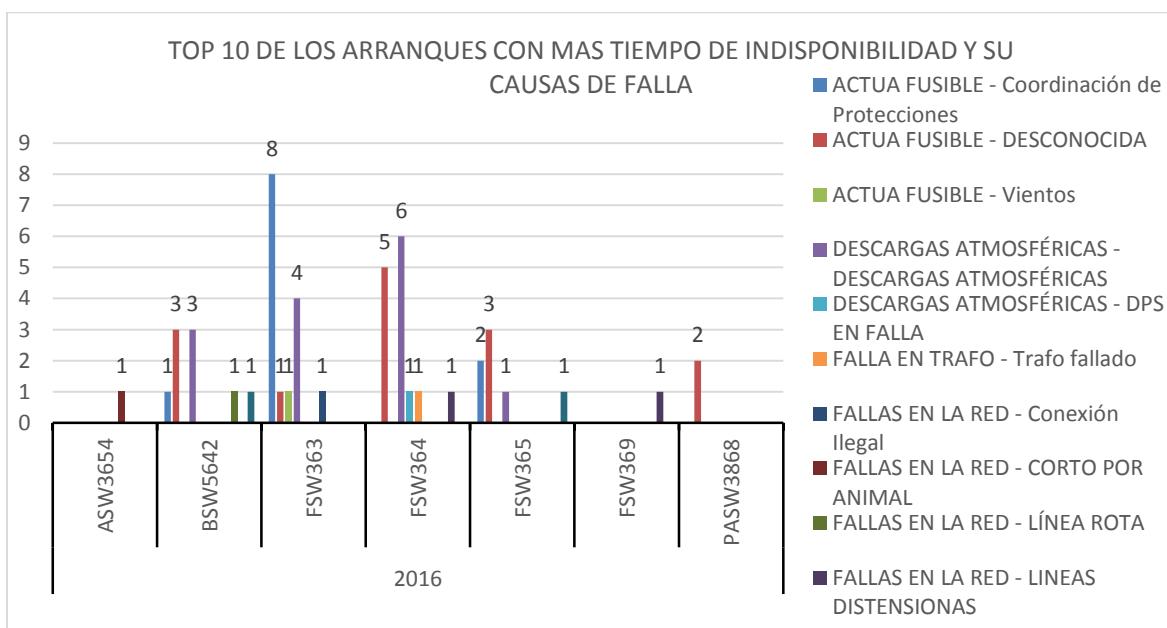
4.2.1 Top 10 de arranques con más duración de desconexión

Tabla 19 Arranques ordenados según la duración de la interrupción

Etiquetas de fila	Suma de DURACIÓN (Horas)	Cuenta de USUARIOS AFECTADOS	Suma de CANTIDAD DE SALIDAS EN EL AÑO (2016-2018)
FSW364	741:46:04	30	100
BSW5642	453:26:12	19	48
FSW363	307:27:59	29	96
PASW3868	241:28:08	8	17
FSW365	189:09:06	17	38
ESW6994	180:22:44	8	20
BSW5927	89:46:57	8	21
FSW369	84:20:17	5	11
BSW6011	81:20:50	5	11
FSW375	80:06:59	2	2

Fuente CENS

Gráfica 45 Top 10 de los arranques con más tiempo de indisponibilidad y subcausas de falla 2016

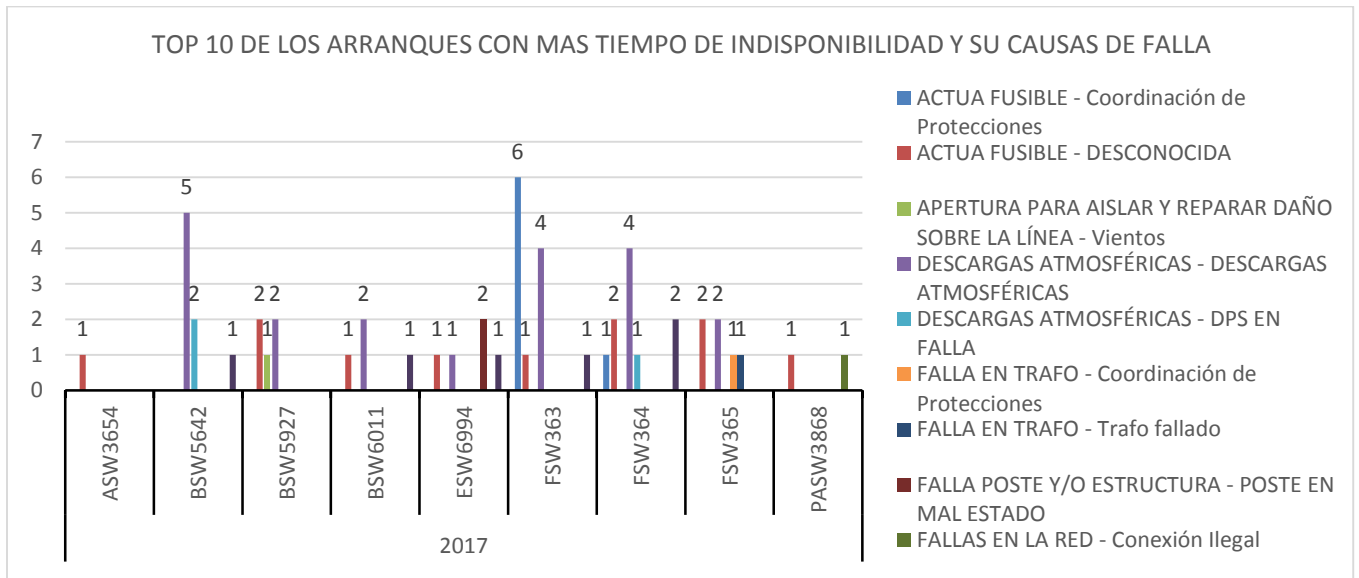


Fuente CENS

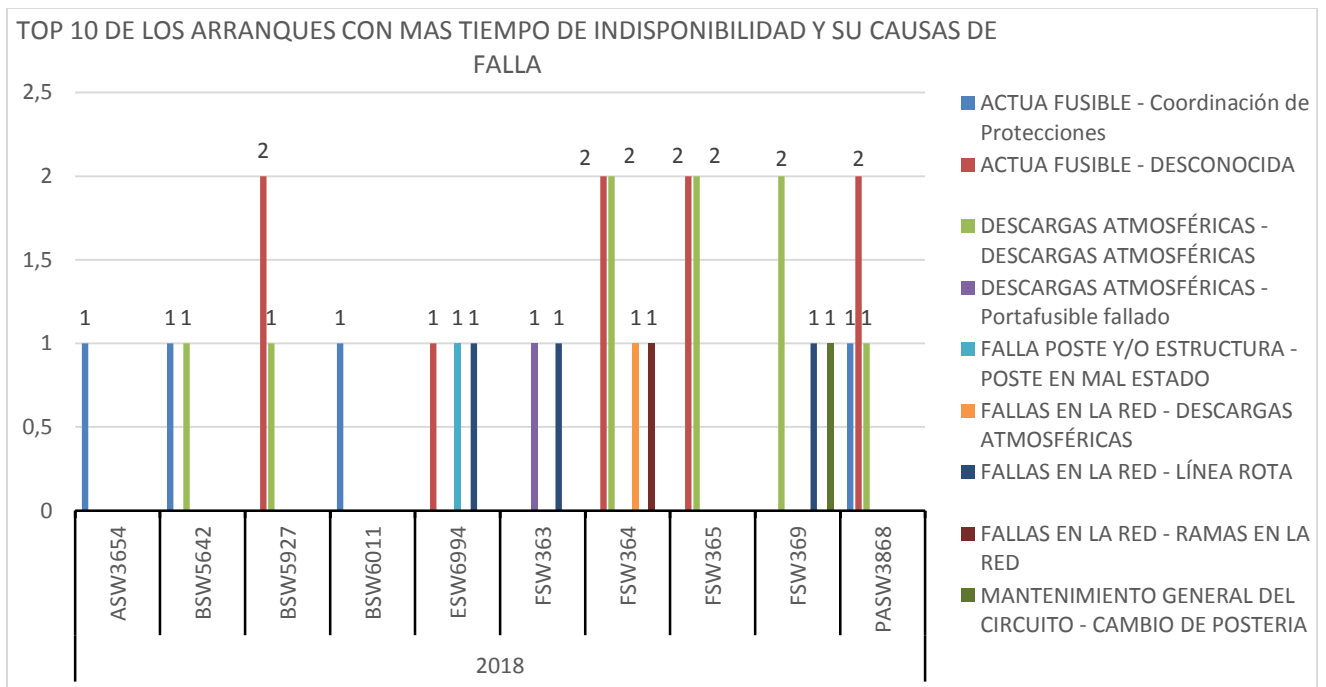
En la Gráfica 46 se puede observar que de los 10 arranques seleccionados de la tabla 18 en el año 2016 fallaron 7. Por las diferentes causas que se encuentran en la parte derecha de la gráfica.

En la Gráfica 47 se puede observar que de los 10 arranques seleccionados de la tabla 18 en el año 2017 fallaron 9. Por las diferentes causas que se encuentran en la parte derecha de la gráfica.

Gráfica 46 Top 10 de los arranques con más tiempo de indisponibilidad y subcausas de falla 2017



Gráfica 47 Top 10 de los arranques con más tiempo de indisponibilidad y sus causas de falla 2018



En la Gráfica 48 se puede observar que los 10 arranques seleccionados en el top10 de la tabla 18 Fallaron en el 2018.

4.3 Costos

A continuación, se mostrarán los costos asociados a las desconexiones mostradas anteriormente en los años 2016, 2017 y 2018 en la derivación FSW 363 del Circuito PALDONJUANA de CENS por Materiales, mano de obra y costo de racionamiento de energía.

Materiales en arranques

Tabla 20 Total de materiales en arranques 2018

Total Materiales Arranques 2018														
Fusible A											Portafusible tipo bola	Poste 12 m	Aislador de pin	Templete
1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15				
3	3	3	5	7	10	4	8	8	8	44	1	2	3	2

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 20 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los arranques del año 2018 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Tabla 21 Total de materiales en arranques 2017

Total Materiales Arranques 2017																			
Fusible A											Trafo 15kVa	Poste 12 m	cadena aisladores	Poste 8 m	Cruceta	DPS	Diagonales	Aislador pin	Perno porta pin
1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15									
13	4	10	2	15	14	17	13	32	16	27	1	2	1	2	3	6	4	4	4

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 21 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los arranques del año 2017 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Tabla 22 total de materiales en arranques 2016

Total Materiales Arranques 2016														
Fusible A											Poste 12 m	Corta Circuitos	Poda	Porta fusible
1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15				
10	4	6	8	13	16	7	4	8	5	65	1	1	2	2

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 22 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los arranques del año 2016 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Tabla 23 Total de materiales en arranques 2016, 2017 y 2018

Materiales Arranques 2016,2017 y 2018																						
Fusible A											Trafo	Poste	Corta	Poste 8	Porta	DPS	Diagonal	Aislador	Perno porta	Cruceta	Templete	Cadena
1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15	15kVa	12 m	Circuitos	m	fusible		es	pin	pin			aisladores
26	11	19	15	35	40	28	25	48	29	136	1	5	1	2	3	6	4	7	4	3	2	1

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 23 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los arranques de los años 2016, 2017 y 2018 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Tabla 24 Total de materiales en transformadores 2018

Total Materiales Trafos 2018												
Fusible A					Trafo		Cortacircuitos	Porta fusible	Poste 8 m	Templete	kit tierra Mt	dps
1	2	3	4	5	10kVA	15kVA						
29	55	3	2	3	2	3	4	1	1	1	1	5

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 24 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los Transformadores del año 2018 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Tabla 25 Total de materiales en transformadores 2017

Total Elementos Trafos 2017									
Fusible A				Trafo		Porta fusible	Poste 8 m	dps	
1	2	3	8	10kVA	15kVA				
26	39	3	1	1	1	1	4	2	

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 25 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los Transformadores del año 2017 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Tabla 26 Total de materiales en transformadores 2017

Total Elementos Trafos 2016									
Fusible A					Trafo	Bajante trafo	Poste 8 m	Breaker	
1	2	3	5	10	15kVA				
16	28	5	2	2	1	1	4	1	

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 26 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los Transformadores del año 2016 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Tabla 27 Total de materiales en transformadores 2016, 2017 y 2018

Materiales Trafos 2016, 2017 y 2018																
Fusible A						Trafo		Cortacircuit	Porta fusible	Bajante neutro	Poste 8 m	Templete	kit tierra Mt	dps	Breaker	
1	2	3	4	5	8	10	10kVA	15kVA	os							
71	122	11	2	5	1	2	3	5	4	2	3	9	1	1	7	1

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 27 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los transformadores de los años 2016, 2017 y 2018 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

En base a estos materiales se realizó una búsqueda en el documento Decisión empresarial No. 7200- 008- 2019 del 26 de febrero de 2019.

“Por medio de la cual se fijan los precios por venta de servicios y materiales conexos al servicio público de energía eléctrica que realice Centrales eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. Para el año 2019”. [10]

Tabla 28 Precio de los materiales en transformadores y arranques 2016, 2017 y 2018

Anexo 1 Centrales Eléctricas del norte de santander S.A.E.S.P. Lista de precios - Materiales CENS					
#	DESCRIPCIÓN MATERIALES	Medida	PRECIO SIN IVA (\$)	No. MATERIALES	PRECIO TOTAL
125	BREAKER ENCHUFABLE 1x20 AMP	UNIDAD	11,998.00	1	11,998.00
429	FUSIBLE DE 1 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	97	214,661.00
438	FUSIBLE DE 2 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	133	294,329.00
442	FUSIBLE DE 3 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	30	66,390.00
444	FUSIBLE DE 4 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	17	37,621.00
446	FUSIBLE DE 5 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	40	88,520.00
450	FUSIBLE DE 6 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	40	88,520.00
453	FUSIBLE DE 7 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	28	61,964.00
455	FUSIBLE DE 8 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	26	57,538.00
431	FUSIBLE DE 10 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,427.00	50	121,350.00
435	FUSIBLE DE 12 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,427.00	29	70,383.00
436	FUSIBLE DE 15 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,427.00	136	330,072.00
725	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 10 Kva 13200/240H20	UNIDAD	2,242,440.00	3	6,727,320.00
726	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 15 Kva 13200/240H21	UNIDAD	2,022,881.00	6	12,137,286.00
307	CORTACIRCUITO DE 15 KV. (TIPO BOLA - INTERCAMBIABLE) (CONECTOR OJO DE PRESIÓN)	UNIDAD	130,478.44	5	652,392.18
589	PORTAFUSIBLE 15 Kv, 100 amp	UNIDAD	27,696.00	5	138,480.00
357	DPS TIPO CODO VNOM 15kV, 10kA	UNIDAD	455,713.00	13	5,924,269.00
356	DIAGONAL RECTA METALICA DE 68 CMS	UNIDAD	15,360.00	4	61,440.00
664	TEMPLETE PARA 13.2 kV	UNIDAD	99.72	3	299.15
34	AISLADOR TIPO PIN DE 15 kV ansi 55 -5 5 (PORCELANA)	UNIDAD	21,968.00	7	153,776.00
326	CRUCETA METALICA DE 3"x 3" x 3/8" x 2.4 MTS.	UNIDAD	154,180.00	3	462,540.00
630	POSTE DE FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V.) DE 8 MTS. X 750 KGS.	UNIDAD	1,261,960.18	11	13,881,561.98
624	POSTE DE FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V.) DE 12 MTS. X 1050 KGS.	UNIDAD	2,747,614.64	5	13,738,073.19
510	KIT PUESTA A TIERRA	UNIDAD	160,322.18	1	160,322.18
24	1 AISLADOR DE SUSPENSIÓN DE 6" ANSI 52-1 (PORCELANA)	UNIDAD	20,527.86	3	61,583.57
571	PERNO GALVANIZADO DE 5/8" X 14"	UNIDAD	3,283.54	4	13,134.14
TOTAL					\$ 55,555,823.4

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 28 se encuentra la lista de materiales que se utilizaron en los años 2016, 2017 y 2018 en los arranques y transformadores que se encuentran aguas debajo de la derivación FSW 363 del circuito PALDONJUANA de CENS, con su respectivo precio. Dando un total de \$ 55,555,823.4 (pesos).

La lista de Materiales tanto en transformadores como en arranques se realizó con los comentarios de cada uno de los eventos registrados en los informes operativos de los años 2016, 2017 y 2018.

Además del costo de los materiales se realizó el costo por mano de obra el cual también se realizó con base en el documento Decisión empresarial No. 7200- 008- 2019 del 26 de febrero de 2019 y se observa en las tablas 29 y 30.

Tabla 29 Precio mano de obra en transformadores

PRECIO MANO DE OBRA TRAFOS						
#	CAUSA	DURACIÓN (h)	No. EVENTOS	Descripción mano de obra	PRECIO CUADRILLA (HORA)	PRECIO TOTAL
1	ACTUA FUSIBLE	2.5	20	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	1,607,276.71
2	FALLA EN TRAFO	2.5	25	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	2,009,095.88
3	FALLA POSTE Y/O ESTRUCTURA	18	7	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	\$ 150,080.3	18,910,122.29
4	FALLA RED	4	80	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	10,286,570.91
5	TRAFO FALLADO	4.5	8	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	\$ 150,080.3	5,402,892.08
6	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	8	1	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	\$ 150,080.3	1,200,642.69
Precio total Trafos						\$ 39,416,600.6

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 29 se encuentran las causas por las cuales existieron desconexiones en los transformadores los años 2016, 2017 y 2018.

La duración que tiene la intervención de cada causa desde la ciudad de Pamplona hasta el lugar del evento dando solución a la desconexión y el número de eventos ocurridos en los 3 años.

Además, se encuentra la descripción de la mano de obra y el precio de la cuadrilla.

Dando como resultado en mano de obra de Transformadores \$ 39,416,600.6 (pesos).

Tabla 30 Precio mano de obra en arranques

PRECIO MANO DE OBRA ARRANQUES						
#	CAUSA	DURACIÓN (h)	No. EVENTOS	Descripción mano de obra	PRECIO CUADRILLA (HORA)	PRECIO TOTAL
1	ACTUA FUSIBLE	2.5	64	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	5,143,285.46
2	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	4.5	56	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	8,100,674.59
3	FALLA EN TRAFÓ	2.5	4	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	321,455.34
4	FALLA EN LA RED	4	21	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	2,700,224.86
5	MANTENIMIENTO GENERAL DEL CIRCUITO	8	1	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	\$ 150,080.3	1,200,642.69
6	APERTURA PARA AISLAR Y REPARAR DAÑO SOBRE LA RED	5	2	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	\$ 32,145.5	321,455.34
7	FALLA EN POSTE Y/O ESTRUCTURA	18	4	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	\$ 150,080.3	10,805,784.17
8	TRAFÓ FALLADO	4.5	1	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	\$ 150,080.3	675,361.51

Precio total Arranques	\$ 29,268,884.0
------------------------	-----------------

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 30 se encuentran las causas por las cuales existieron desconexiones en los arranques los años 2016, 2017 y 2018.

La duración que tiene la intervención de cada causa desde la ciudad de Pamplona hasta el lugar del evento dando solución a la desconexión y el número de eventos ocurridos en los 3 años.

Además, se encuentra la descripción de la mano de obra y el precio de la cuadrilla.

Dando como resultado en mano de obra de arranques \$ 29,268,884 (pesos).

Costo de racionamiento de energía

Tabla 31 Costo de racionamiento de energía 2018

Mes(2018)	Aplica para	Costo_CR01 (pesos)	FSW363		FSW363	
			DNA arranques	DNA*CRO	DNA Trafos	DNA*CRO
DICIEMBRE	11/30/2018 12:00:00 AM	1.344,40		0	70,253	94448,1332
NOVIEMBRE	10/31/2018 12:00:00 AM	1.338,26		0	287,292	384471,3919
OCTUBRE	09/30/2018 12:00:00 AM	1.333,58	144,678	192939,6872	176,089	234828,7686
SEPTIEMBRE	08/31/2018 12:00:00 AM	1.314,69	594,729	781884,269	329,202	432798,5774
AGOSTO	07/31/2018 12:00:00 AM	1.303,40		0		0
JULIO	06/30/2018 12:00:00 AM	1.325,82	74,782	99147,47124	125,5229769	166420,8732
JUNIO	05/31/2018 12:00:00 AM	1.315,07	2462,729013	3238661,043	177,3610679	233242,2196
MAYO	04/30/2018 12:00:00 AM	1.273,07	223,3891813	284390,0651	255,9527099	325845,7164
ABRIL	03/31/2018 12:00:00 AM	1.255,41	690,1116512	866373,0681	553,2179603	694515,3595
MARZO	02/28/2018 12:00:00 AM	1.254,41	2396,0102	3005579,155	185,7070667	232952,8016
FEBRERO	01/31/2018 12:00:00 AM	1.252,72	738,4811929	925110,16	2,362443287	2959,479955
ENERO	12/31/2017 12:00:00 AM	1.253,80	239,7010031	300537,1177		0
			TOTAL		TOTAL	
			9.694.622,04		2.802.483,32	

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 31 se encuentra el costo del racionamiento de energía del año 2018 de transformadores y arranques el proceso para obtener este valor es multiplicar la casilla de costo_CR01 (pesos) de cada uno de los meses por la DNA de arranques y transformadores. Después se suman siendo un total \$ 9,694,622.04 (pesos), el valor de costo de racionamiento de energía para arranques y de \$ 2,802,483.32 (pesos) el valor de los transformadores que sumado estos valores dan un total de \$ 12,497,105.36 (pesos).

El valor de DNA de transformadores y arranques se encuentra en el informe operativo del año 2018.

TOTAL COSTOS

Ya se tienen los precios de los materiales en transformadores y arranques (2016, 2017 y 2018) de \$ 55,555,823.4 (pesos), Precio mano de obra en Transformadores de \$ 39,416,600.6 (pesos), Precio mano de obra en Arranques \$ 29,268,884 (pesos) y Costo de racionamiento de energía (2018) de \$ 12,497,105.36 (pesos).

El total de los costos en las derivaciones y transformadores aguas abajo de la derivación FSW363 tiene un total de \$ 136,738,413.28 (pesos).

4.3.1 Costos 2018

En la tabla 20 y 24 se encuentra el total de materiales que se utilizaron en las desconexiones de los Transformadores y arranques el año 2018 para normalizar el servicio de energía eléctrica.

Con esta información se realizó la tabla 32

Tabla 32 Precio de los materiales en transformadores y arranques 2018

Lista de precios - Materiales CENS					
#	DESCRIPCIÓN MATERIALES	Medida	PRECIO SIN IVA (\$)	No. MATERIALES	PRECIO TOTAL
429	FUSIBLE DE 1 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	32	70,816.00
438	FUSIBLE DE 2 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	58	128,354.00
442	FUSIBLE DE 3 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	6	13,278.00
444	FUSIBLE DE 4 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	7	15,491.00
446	FUSIBLE DE 5 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	10	22,130.00
450	FUSIBLE DE 6 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	10	22,130.00
453	FUSIBLE DE 7 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	4	8,852.00
455	FUSIBLE DE 8 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,213.00	8	17,704.00
431	FUSIBLE DE 10 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,427.00	8	19,416.00
435	FUSIBLE DE 12 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,427.00	8	19,416.00
436	FUSIBLE DE 15 AMP, 15 kV	UNIDAD	2,427.00	44	106,788.00
725	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 10 Kva 13200/240/120	UNIDAD	2,242,440.00	2	4,484,880.00
726	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 15 Kva 13200/240/121	UNIDAD	2,022,881.00	3	6,068,643.00
307	CORTACIRCUITO DE 15 kV. (TIPO BOLA - INTERCAMBIABLE) (CONECTOR OJO DE PRESIÓN)	UNIDAD	130,478.44	4	521,913.74
589	PORTAFUSIBLE 15 Kv, 100 amp	UNIDAD	27,696.00	2	55,392.00
357	DPS TIPO CODO VNOM 15kV, 10kA	UNIDAD	455,713.00	5	2,278,565.00
664	TEMPLETE PARA 13.2 kV	UNIDAD	99.72	3	299.15
34	AISLADOR TIPO PIN DE 15 kV ansi 55-5 5 (PORCELANA)	UNIDAD	21,968.00	3	65,904.00
630	POSTE DE FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V.) DE 8 MTS. X 750 KGS.	UNIDAD	1,261,960.18	1	1,261,960.18
624	POSTE DE FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V.) DE 12 MTS. X 1050 KGS.	UNIDAD	2,747,614.64	2	5,495,229.28
510	KIT PUESTA A TIERRA	UNIDAD	160,322.18	1	160,322.18
				TOTAL	\$ 20,837,483.5

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 32 se encuentra la lista de materiales que se utilizaron en el año 2018 en los arranques y transformadores que se encuentran aguas abajo de la derivación FSW 363 del circuito PALDONJUANA de CENS, con su respectivo precio. Dando un total de \$ 20,837,483.5 (pesos).

Tabla 33 Precio mano de obra en Transformadores y arranques 2018

PRECIO MANO DE OBRA TRAFOS 2018						
#	CAUSA	DURACIÓN (h)	No. EVENTOS	Descripción mano de obra	PRECIO CUADRILLA (HORA)	PRECIO TOTAL
1	ACTUA FUSIBLE	2,5	10	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	32.145,53	803.638,35
2	FALLA EN TRAFO	2,5	17	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	32.145,53	1.366.185,20
4	FALLA RED	4	33	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	32.145,53	4.243.210,50
5	TRAFO FALLADO	4,5	5	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	150.080,34	3.316.807,55
Precio total Trafos						\$ 3.789.841,6

PRECIO MANO DE OBRA ARRANQUES 2018						
#	CAUSA	DURACIÓN (h)	No. EVENTOS	Descripción mano de obra	PRECIO CUADRILLA (HORA)	PRECIO TOTAL
1	ACTUA FUSIBLE	2,5	16	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	32.145,53	1.285.821,36
2	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	4,5	13	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	32.145,53	1.880.513,75
4	FALLA EN LA RED	4	5	HORA CUADRILLA TIPO INSTALACIONES Y/O REVISIONES RURAL MOTOCICLETA	32.145,53	642.910,68
5	MANTENIMIENTO GENERAL DEL CIRCUITO	8	1	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	150.080,34	1.200.642,69
7	FALLA EN POSTE Y/O ESTRUCTURA	18	1	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES. INCLUYE TRANSPORTE (VEHICULO TIPO CAMIONETA), HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION, UN CAPORAL, 4 LINIEROS. JORNADA DIURNA	150.080,34	2.701.446,04
Precio total Arranques						\$ 7.711.334,5

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 33 se encuentran las causas por las cuales existieron desconexiones en los transformadores y arranques en el año 2018.

La duración que tiene la intervención de cada causa desde la ciudad de Pamplona hasta el lugar del evento dando solución a la desconexión y el número de eventos ocurridos en el año 2018.

Además, se encuentra la descripción de la mano de obra y el precio de la cuadrilla.

Dando como resultado en mano de obra de Transformadores \$ 9,789,841.6 (pesos) Y en arranques \$ 7,711,334.5 (pesos).

TOTAL COSTOS 2018

Ya se tienen los precios de los materiales en transformadores y arranques del año 2018 de \$ 20,837,483.5 (pesos), Precio mano de obra en Transformadores de \$ 9,789,841.6


(pesos), Precio mano de obra en Arranques \$ 7,711,334.5 (pesos) y Costo de racionamiento de energía (2018) de \$ 12,497,105.36 (pesos).

El total de los costos en las derivaciones y transformadores aguas abajo de la derivación FSW363 tiene un total de \$ 50,835,764.96 (pesos).

4.4 Reporte preliminar

Con el valor de los costos en las derivaciones y transformadores aguas debajo de la derivación FSW363 se continúa con el desarrollo de la metodología de gestión de activos realizando el reporte preliminar como se muestra a continuación.

TABLA 34 Reporte Preliminar Análisis De Fallas En La Derivación FSW363

	CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P. SISTEMA DE GESTIÓN				
	REPORTE PRELIMINAR DE FALLA				
Fecha de elaboración:	24/07/19				
INFORMACIÓN GENERAL					
¿Qué?					
Nombre del evento	Análisis de fallas presentadas en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS utilizando como referencia los informes operativos de CENS de los años 2016 a 2018.				
Tipo de evento	Pérdida		Falla Potencial	Falla Crónica	X
¿Cuándo?					
Fecha inicial del evento	10/01/2016	Hora inicial del evento	20:28	Horómetro	293
Fecha final del evento	30/12/2018	Hora final del evento	11:45	Tiempo fuera de servicio	7020.33
¿Dónde?					
Taxonomía			Observaciones		
Línea de negocio	Transmisión_Distribución		Distribución		
Instalación	Circuito		PALDONJUANA		
Planta/Unidad	Ramal		FSW363 Y SW6566		
Sección/Sistema	Segmento		# OW	62283	

Activo		
Orden de trabajo asociada		
CLASIFICACIÓN DEL EVENTO		
Impacto		
Objetos de impacto		Observaciones
Personas:	01. Mínima. Lesiones sin incapacidad	
Ambiente:	01. Mínima. El área de afectación del factor ambiental comprende instalaciones del activo o sin afectación.	
Costo:	04. Moderada. Entre >50 y <=100 (COP)/año	
Reputación:	02. Menor. Comienza un proceso de generación de opiniones que pueden llegar a medios masivos de comunicación.	
Frecuencia:	5. Muy Alta. El evento ocurre aproximadamente cada 3 mes	

PROBABILIDAD		CONSECUENCIA				
		Mínim a	Meno r	Moder ada	Mayor	Máxima
		1	2	4	8	16
Muy alta	5	5	10	20	40	80
Alta	4	4	8	16	32	64
Media	3	3	6	12	24	48
Baja	2	2	4	8	16	32
Muy Baja	1	1	2	4	8	16

Riesgo y categoría del evento:	Alto	La técnica de análisis es:	Árbol de fallas o Diagrama Causa y efecto o Mapa de Causas								
<table border="1"> <tr> <td>Acceptable</td> <td>Tolerable</td> <td>Alto</td> <td>Extremo</td> </tr> <tr> <td>Categoría 1</td> <td>Categoría 2</td> <td>Categoría 3</td> <td>Categoría 4</td> </tr> </table>				Acceptable	Tolerable	Alto	Extremo	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Acceptable	Tolerable	Alto	Extremo								
Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4								

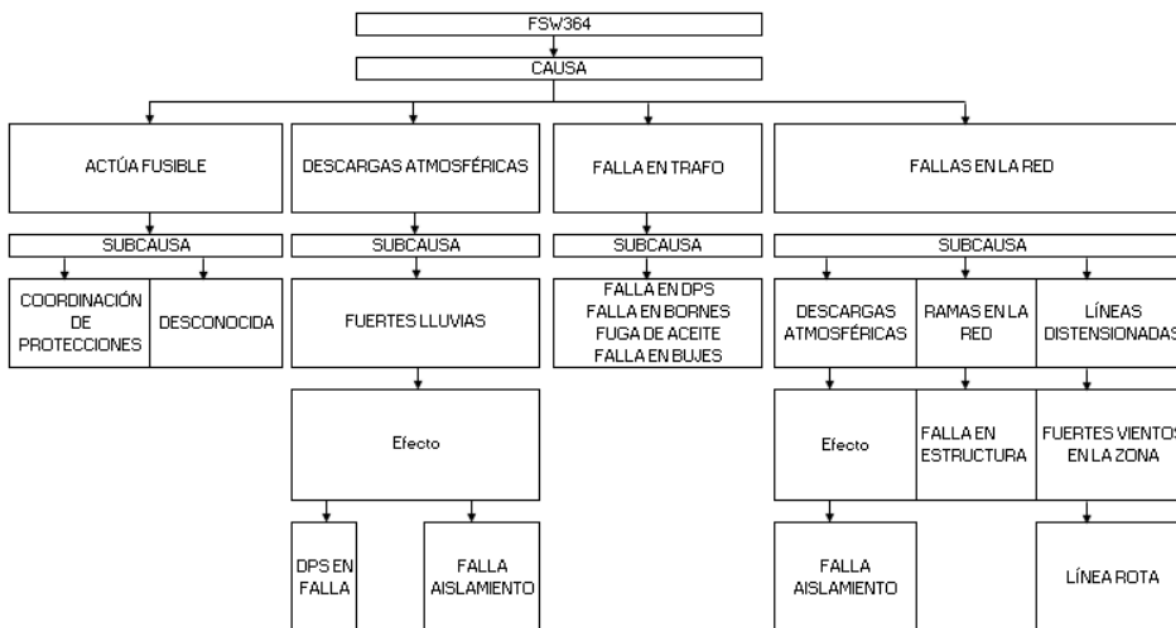
Fuente CENS.

El formato del reporte preliminar es suministrado por CENS el cual se diligencio con la información seleccionada de los informes operativos del capítulo 3 de arranques y transformadores.

A continuación, se realizó la técnica de análisis Árbol de fallas como indica el reporte preliminar para los transformadores y arranques que se identificaron en el top 10 por mayor duración de desconexión en los años 2016, 2017 y 2018.

4.5 Árbol de fallas en arranques top 10

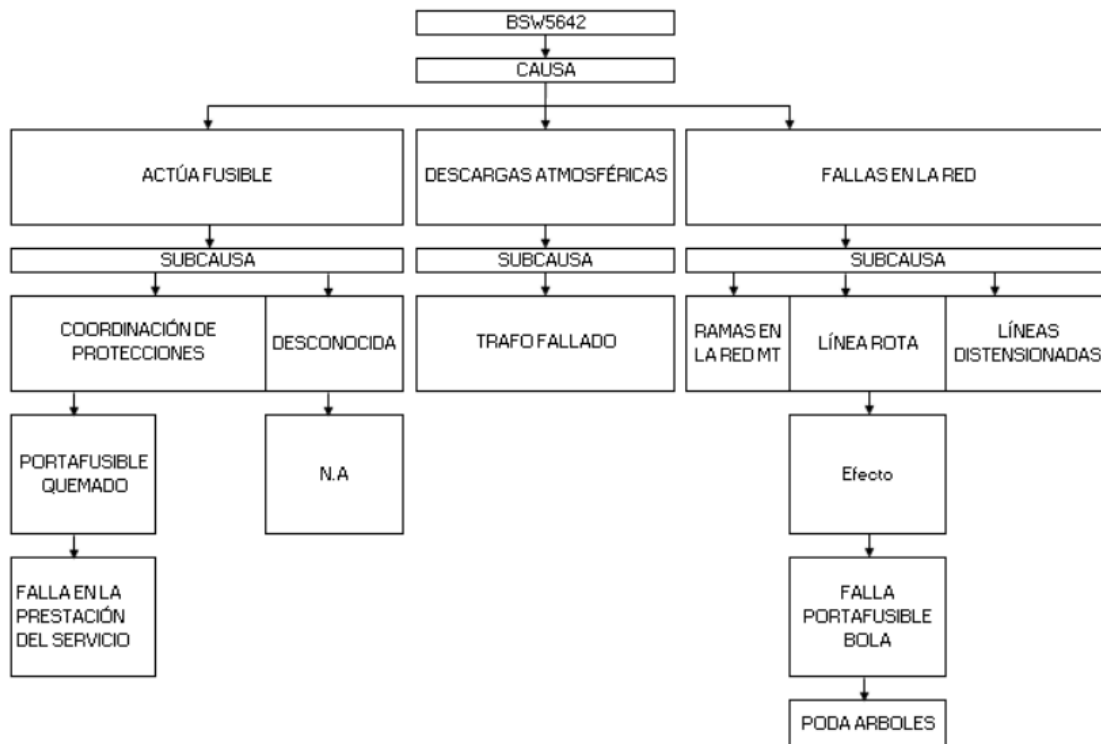
Ilustración 6 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW364



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 6 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque FSW364 que es el arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de 741 horas con 46 minutos.

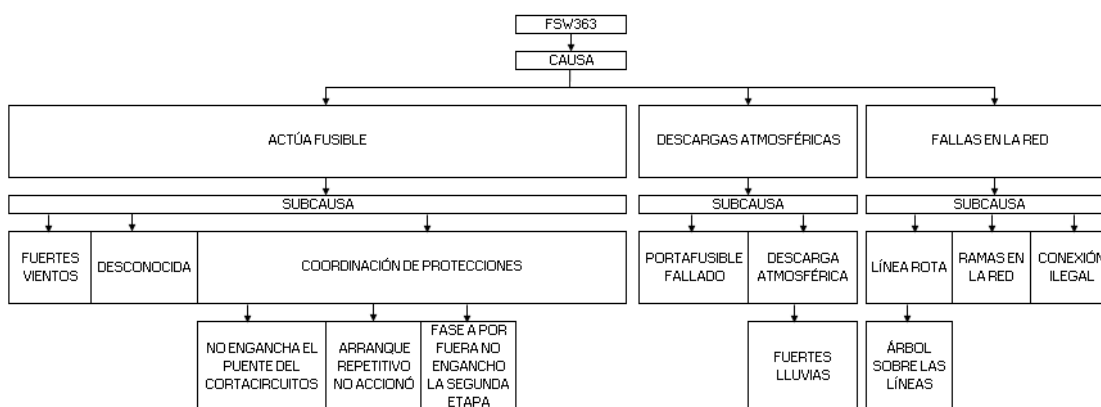
Ilustración 7 técnica de análisis árbol de fallas en el arranque BSW5642



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 7 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque BSW5642 que es el segundo arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de 453 horas con 26 minutos.

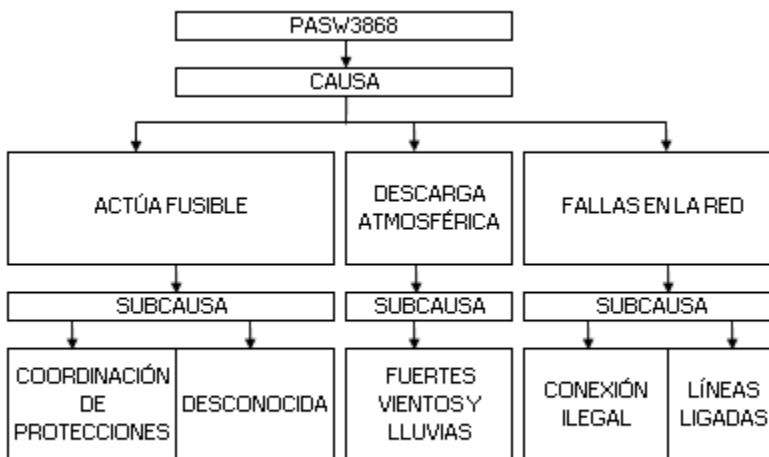
Ilustración 8 técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW363



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

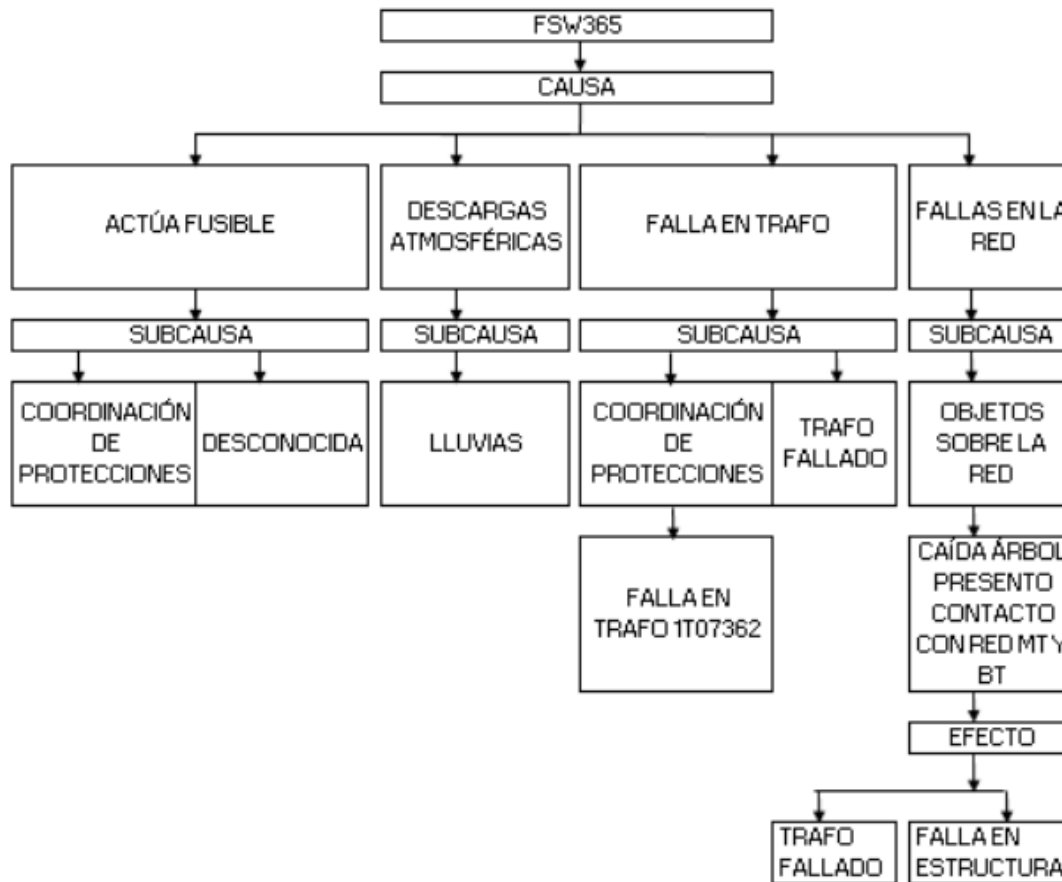
En la ilustración 8 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque FSW363 que es el tercer arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *307 horas con 27 minutos*.

Ilustración 9 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque PASW3868



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

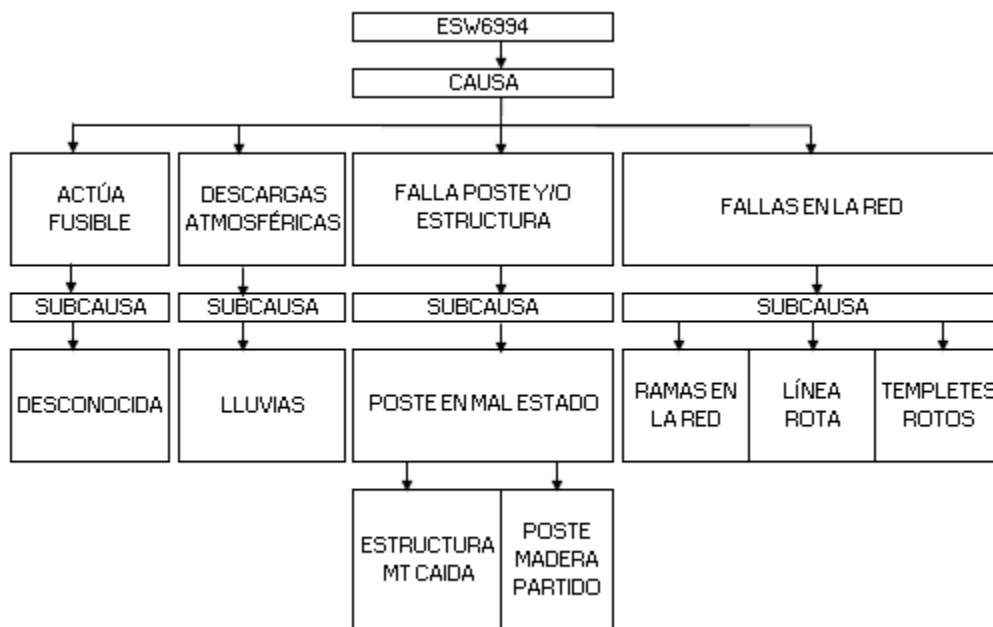
En la ilustración 9 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque PASW3868 que es el cuarto arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *241 horas con 28 minutos*.

Ilustración 10 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW365

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 10 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque FSW365 que es el quinto arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *189 horas con 9 minutos*.

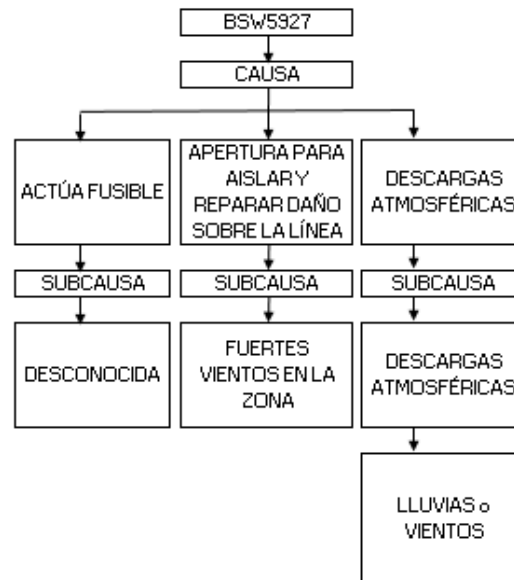
Ilustración 11 técnica de análisis árbol de fallas en el arranque ESW6994



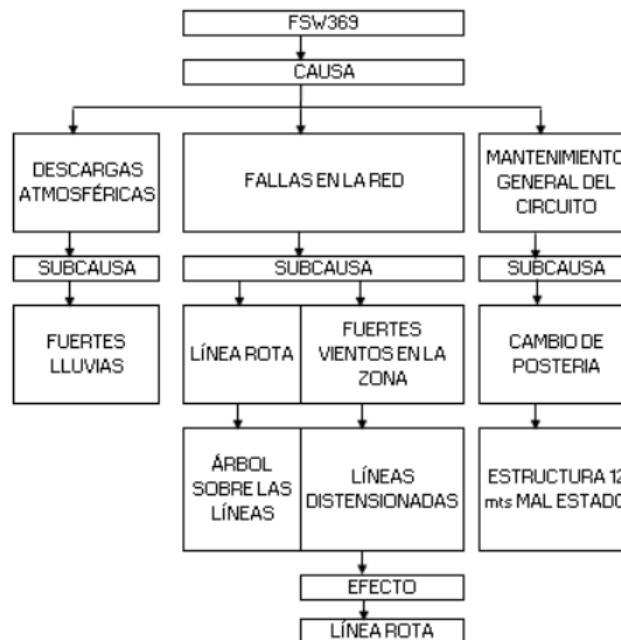
Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 11 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque ESW6994 que es el sexto arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *180 horas con 22 minutos*.

En la ilustración 12 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque BSW5927 que es el séptimo arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *89 horas con 46 minutos*.

Ilustración 12 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque BSW5927

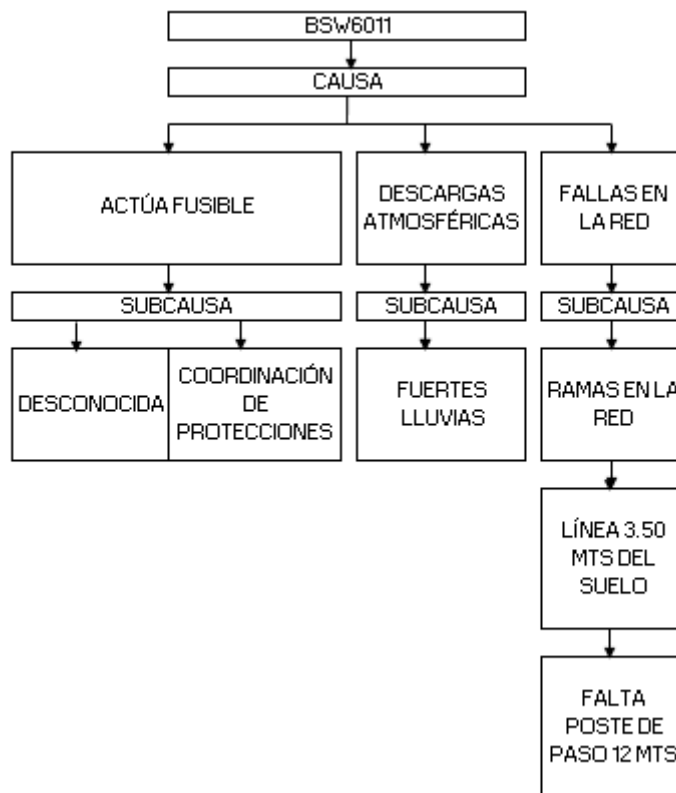
Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

Ilustración 13 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW369

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 13 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque FSW369 que es el octavo arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *84 horas con 20 minutos*.

Ilustración 14 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque BSW6011

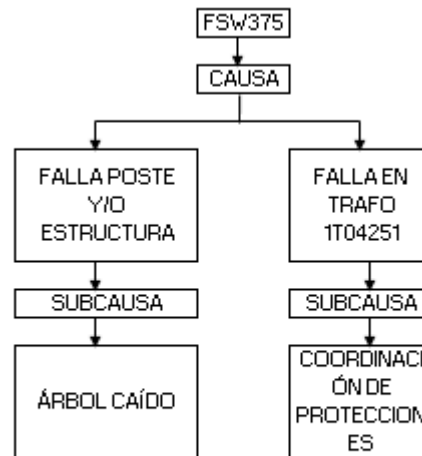


Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 14 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque BSW6011 que es el noveno arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *81 horas con 20 minutos*.

En la ilustración 15 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el arranque FSW375 que es el décimo arranque con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 19 con una duración de *80 horas con 06 minutos*.

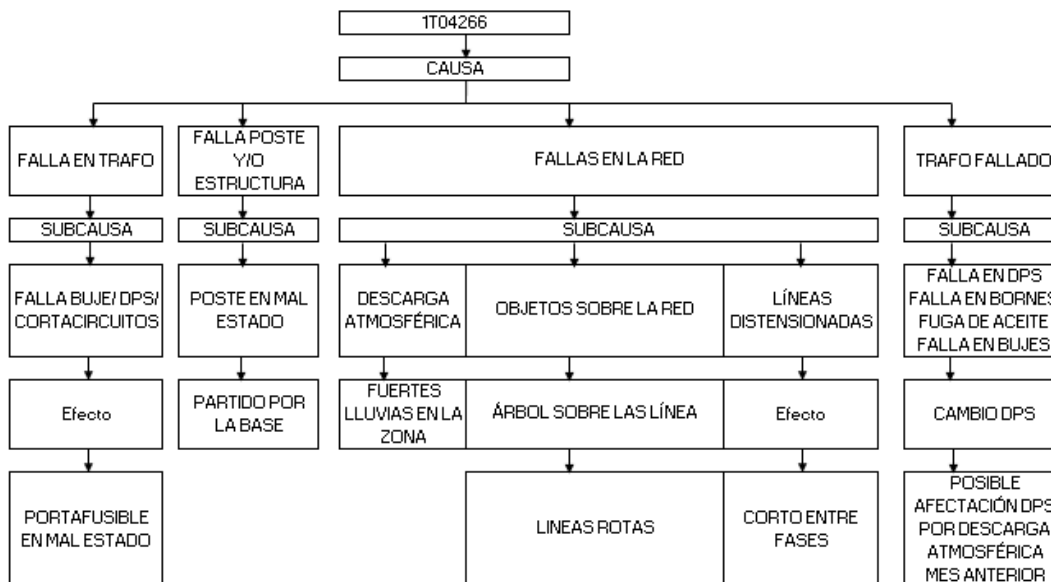
Ilustración 15 Técnica de análisis árbol de fallas en el arranque FSW375



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

4.6 Árbol De Fallas En Transformadores Top 10

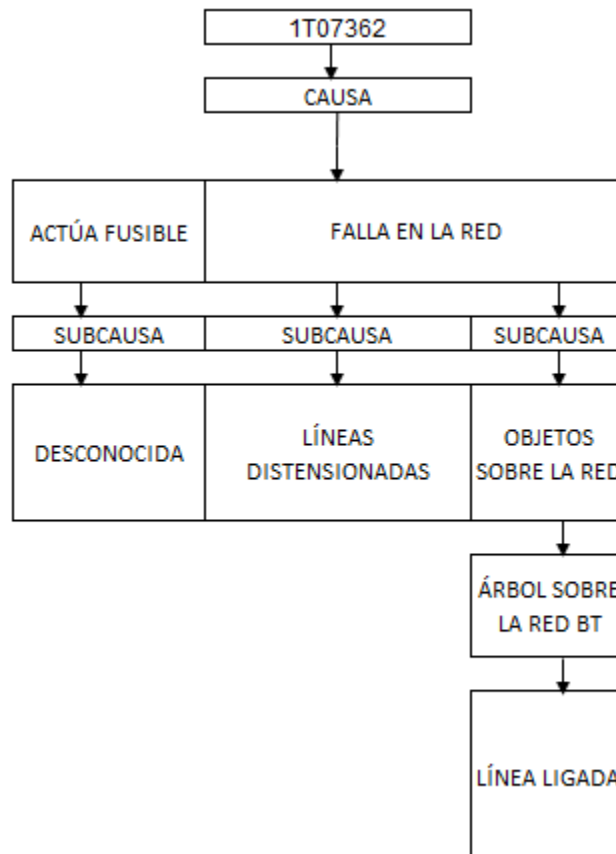
Ilustración 16 técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04266



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 16 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T04266 que es el transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *546 horas con 51 minutos*.

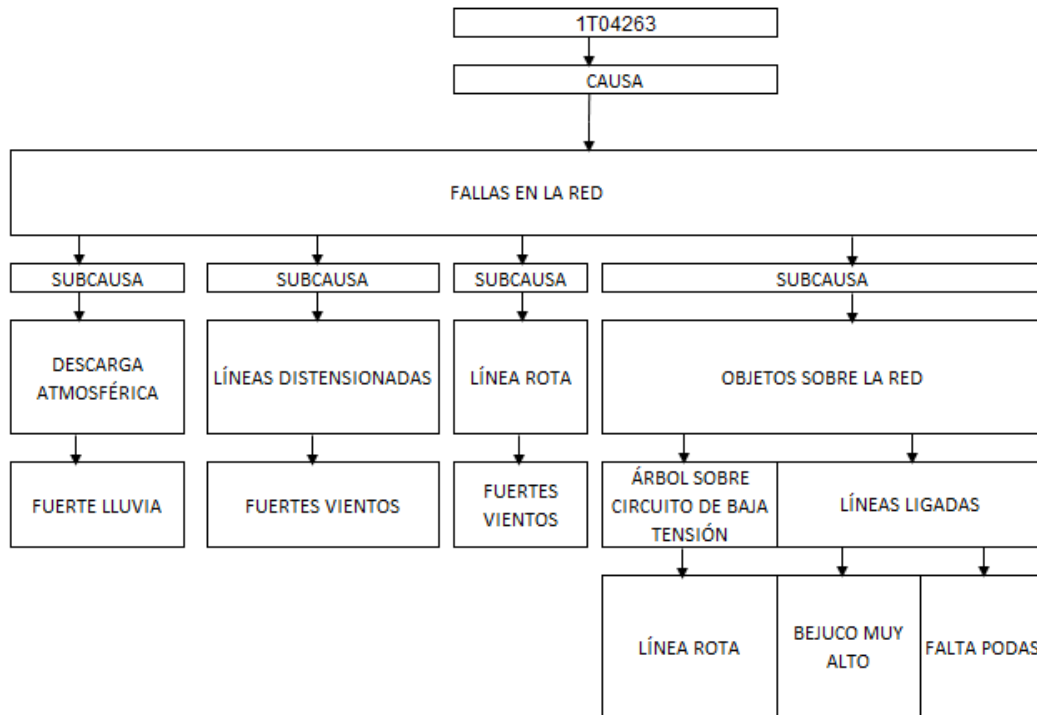
Ilustración 17 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T07362



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 17 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T07362 que es el segundo transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *311 horas con 42 minutos*.

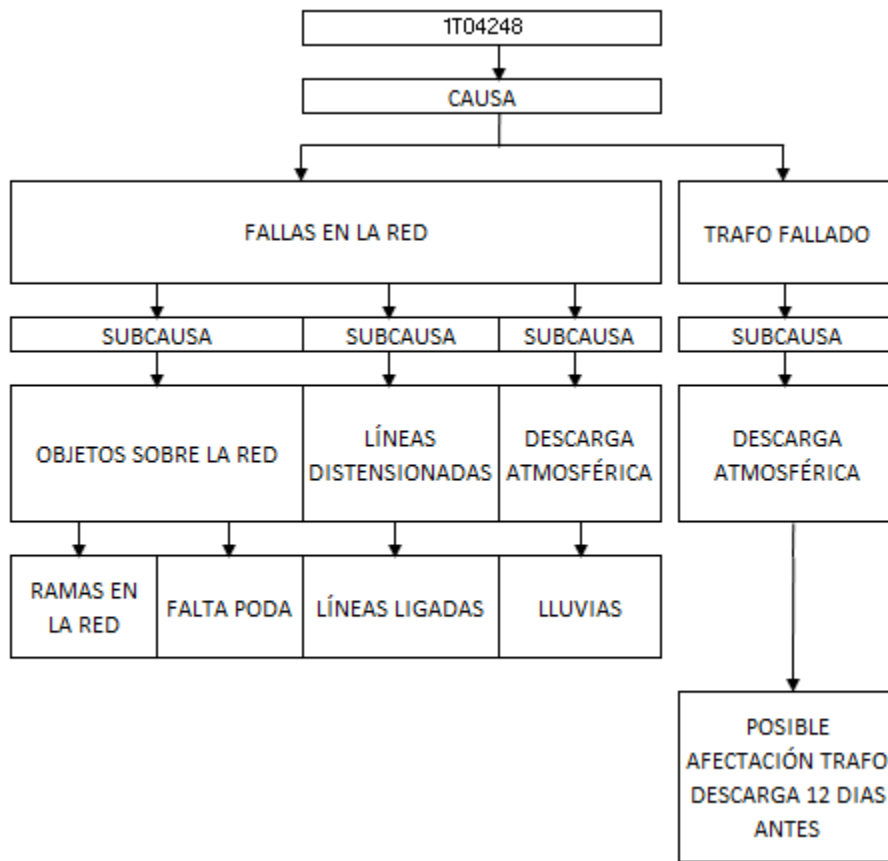
Ilustración 18 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04263



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 18 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T04263 que es el tercer transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *271 horas con 41 minutos*.

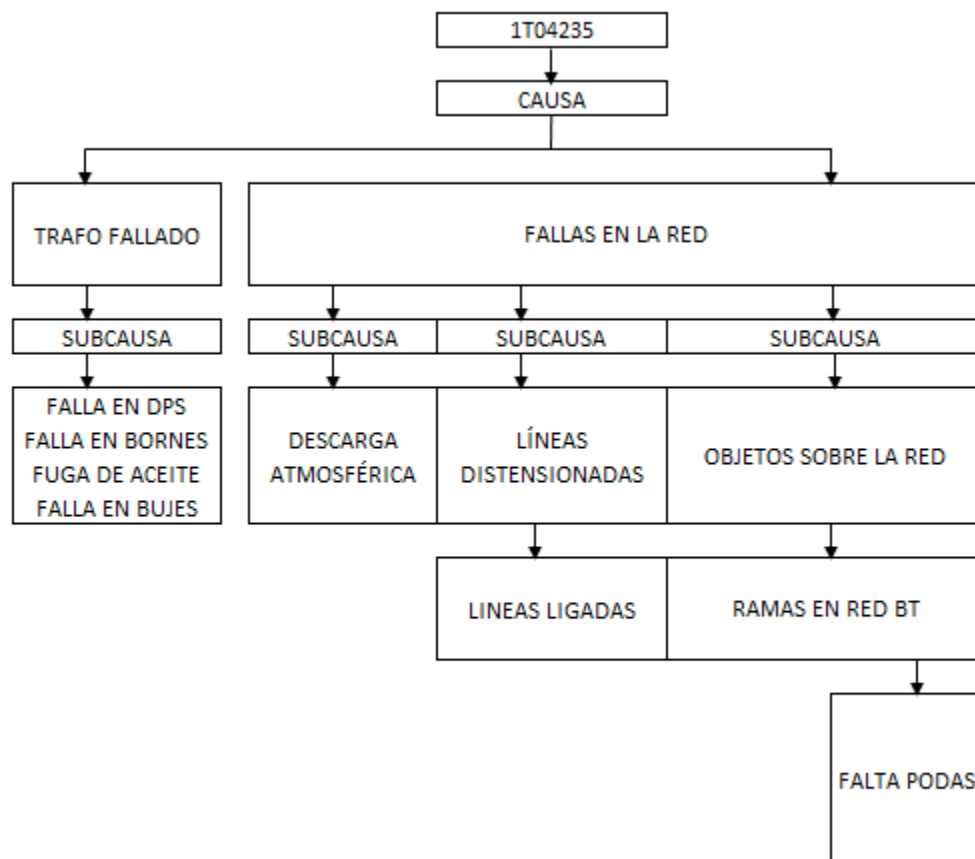
Ilustración 19 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04248



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 19 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T04248 que es el cuarto transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *269 horas con 32 minutos*.

Ilustración 20 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04235



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 20 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T04235 que es el quinto transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *253 horas con 16 minutos*.

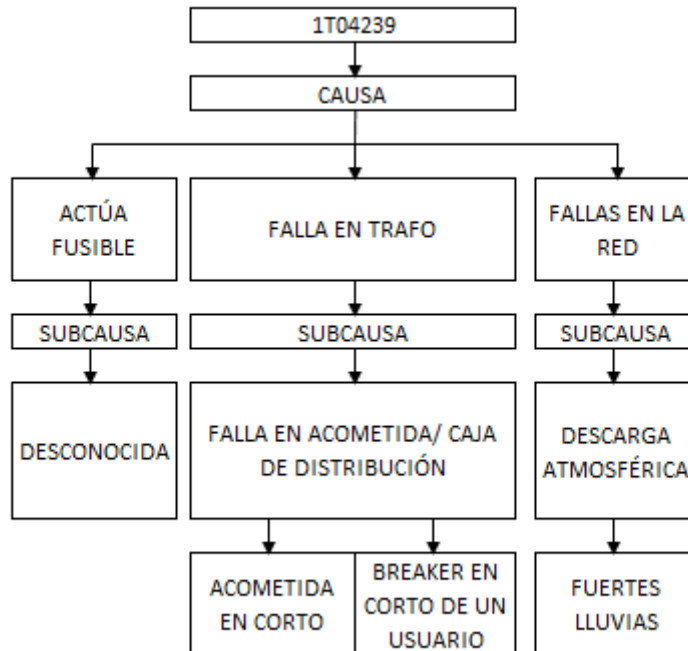
En la ilustración 21 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T04264 que es el sexto transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *218 horas con 1 minuto*.

Ilustración 21 Técnica De Análisis Árbol De Fallas En El Transformador 1t04264



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

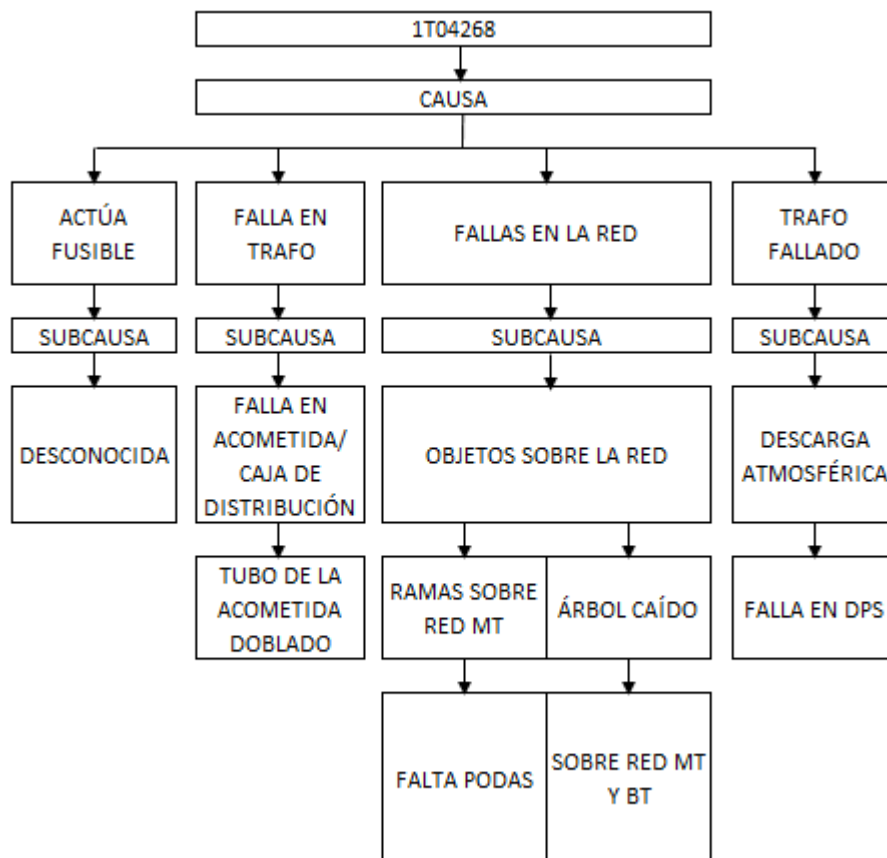
Ilustración 22 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T04239



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 22 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T04239 que es el séptimo transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *213 horas con 23 minutos*.

Ilustración 23 Técnica De análisis árbol de fallas en el transformador 1T04268

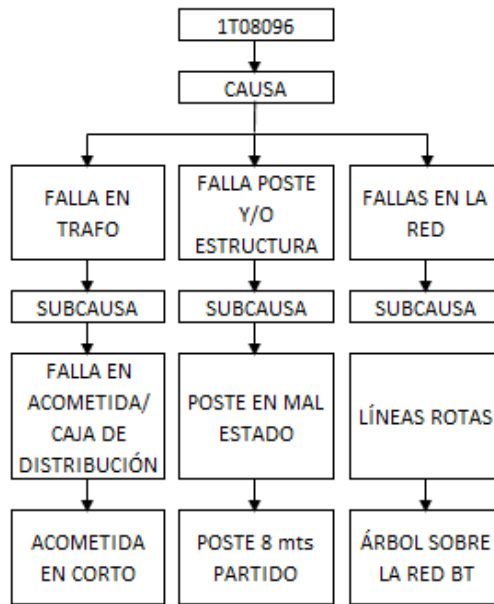


Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 23 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T04268 que es el octavo transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *190 horas con 37 minutos*.

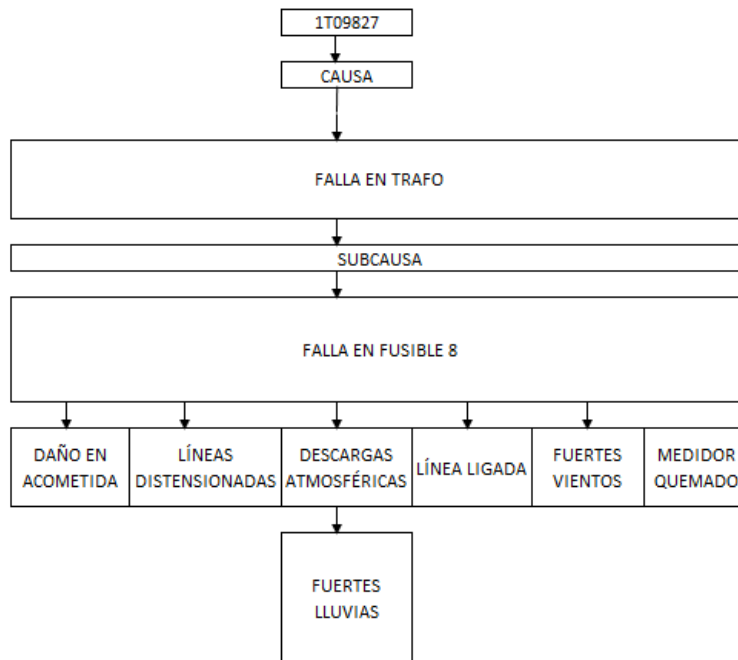
En la ilustración 24 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T08096 que es el noveno transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *186 horas con 17 minutos*.

Ilustración 24 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T08096



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

Ilustración 25 Técnica de análisis árbol de fallas en el transformador 1T09827



Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la ilustración 25 se realizó el análisis con la técnica árbol de fallas en el transformador 1T09827 que es el décimo transformador con mayor tiempo de desconexión en los tres años (2016, 2017 y 2018), como se observa en la tabla 18 con una duración de *179 horas* con 31 minutos.

4.7 Verificación de descargas atmosféricas

Se procedió a validar y verificar con la herramienta tecnológica llamada Blitzortung.org. Blitzortung.org es una web en la que se muestran los datos captados por circuitos distribuidos en varias partes del mundo, capaces de detectar cuando cae un rayo, enviando la información de la localización y del momento exacto a sus servidores. [7]

Es una red de detección de rayos para la ubicación de las descargas electromagnéticas en la atmósfera. Las estaciones transmiten sus datos en intervalos cortos de tiempo a través de Internet a su servidor, que recibe la posición exacta de cada estación y calcula así el lugar de la caída del rayo, sin duplicar la información capturada. La información suministrada se encuentra sincronizada en tiempo UTC (el tiempo universal coordinado) que es utilizado por las páginas web para tener una exactitud en su medición esta adelantada 5 horas a la hora colombiana. [7]

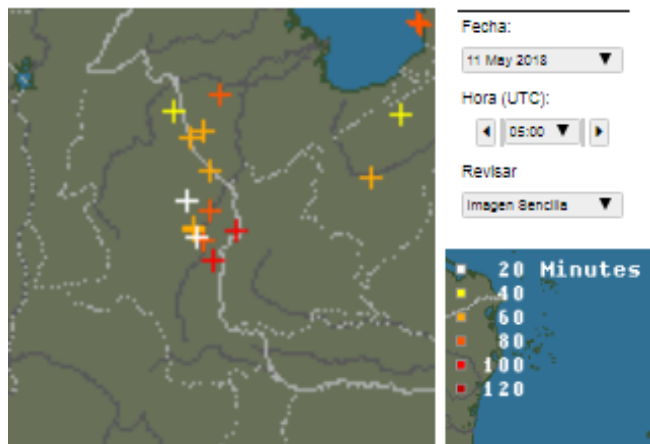
Este es un ejemplo de cómo muestra la página web el mapa de Colombia en uno de los eventos analizados sobre descargas atmosféricas

Ilustración 26 Mapa Colombia 11 de mayo de 2018 evento reportado por CENS 07:03 horas



Tomada de la página web (http://es.blitzortung.org/historical_maps.php?map=51) a las 16:50 del día 7 de junio de 2019

Ilustración 27 Mapa de Norte de Santander 11 de mayo de 2018 evento reportado por CENS 07:03 horas



Tomada de la página web (http://es.blitzortung.org/historical_maps.php?map=51) a las 16:55 del día 7 de junio de 2019

En la ilustración 27 se observa el mapa de norte de Santander en el cual existen registros de descargas atmosféricas con una escala de color que nos indica el tiempo en el cual

sucedieron. Tenido así un ejemplo de cómo se evidenció el evento del 11 de mayo registrado en la tabla 35.

4.7.1 Transformadores

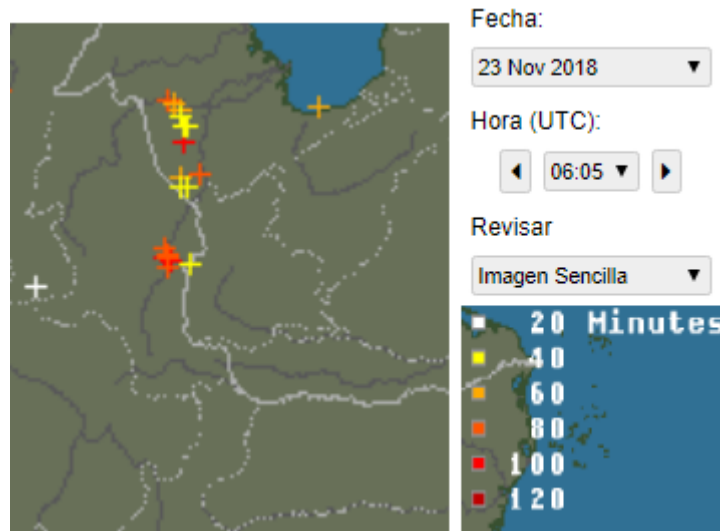
Tabla 35 Resumen descargas atmosféricas en transformadores 2016, 2017 y 2018

Código del elemento	#	Descargas atmosféricas en transformadores 2016 FSW363																							
		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
1T04258	1																								
1T04258	2																					2	10:24		
1T04239	3																					4	8:23		
1T04238	4																					5	6:03		
																						17	15:00		
		Descargas atmosféricas 2017 FSW363																							
		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
1T04263	5					27	8:05																		
1T04263	6																		30	16:18					
1T10351	7																					4	10:35		
1T04263	8																					4	13:18		
1T04260	9																					5	12:47		
1T04266	10																					3	8:13		
1T04263	11																						5	15:58	
1T04238	12																					16	8:14		
1T04249	13																						20	10:43	
		Descargas atmosféricas 2018 FSW363																							
		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
1T04245	14					23	8:54																		
1T04235	15							14	8:33																
1T04263	16							16	7:12																
1T04248	17							16	17:20																
1T04266	18									11	7:03														
1T04234	19											18	3:38												
1T04259	20																						9	17:34	
1T04263	21																						23	14:00	
1T04239	22																						28	10:14	

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 35 se encuentran las fechas y horas en las cuales fueron reportados los eventos por descarga atmosférica en transformadores de los informes operativos de los años 2016, 2017 y 2018. Los cuales están evidenciados en un documento de Word llamado “DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN TRANSFORMADORES Y ARRANQUES” que quedara como anexo. A continuación, se muestran 3 ejemplos de los registros de las descargas atmosféricas que se encuentran en el resumen de la tabla 35

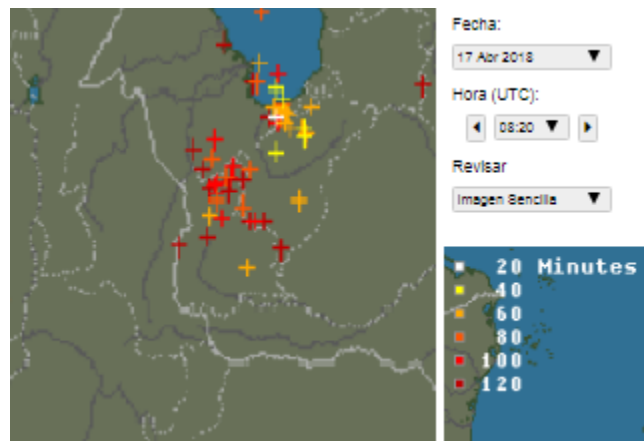
Ilustración 28 Ejemplo 1



Tomada de la página web (http://es.blitzortung.org/historical_maps.php?map=51) a las 15:10 del día 7 de junio de 2019

Mapa de Norte De Santander 23 noviembre de 2018 evento reportado por CENS 14:00:00 horas.

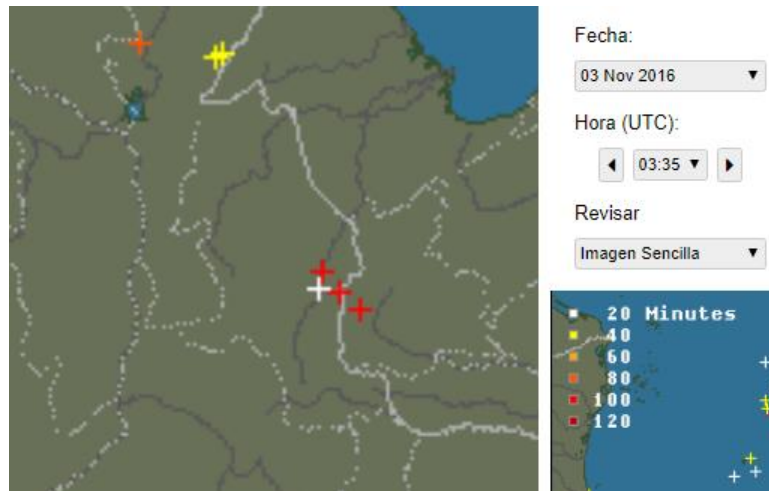
Ilustración 29 ejemplo 2



Tomada de la página web (http://es.blitzortung.org/historical_maps.php?map=51) a las 17:15 del día 7 de junio de 2019

Mapa norte de Santander 16 de abril de 2018 evento reportado por CENS 07:12 horas. El evento fue evidenciado por la página web “<http://es.blitzortung.org>” a las 03:20 Hora en Colombia del día 16 de abril del año 2018.

Ilustración 30 Ejemplo 3



Tomada de: http://es.blitzortung.org/historical_maps.php?map=51 a las 4:15 p.m. del día 21 de junio de 2019

Mapa Norte de Santander 4 de noviembre de 2016 evento reportado por CENS a las 8:23 horas El evento fue evidenciado por la página web “<http://es.blitzortung.org>” a las 22:35 Hora en Colombia del día 2 de noviembre del año 2016

4.7.2 Arranques

En la tabla 36, se encuentran los registros de la página web es.blitzortung.org que se realizaron para la información suministrada por CENS en los informes operativos para los arranques que su causa de desconexión es descarga atmosférica.

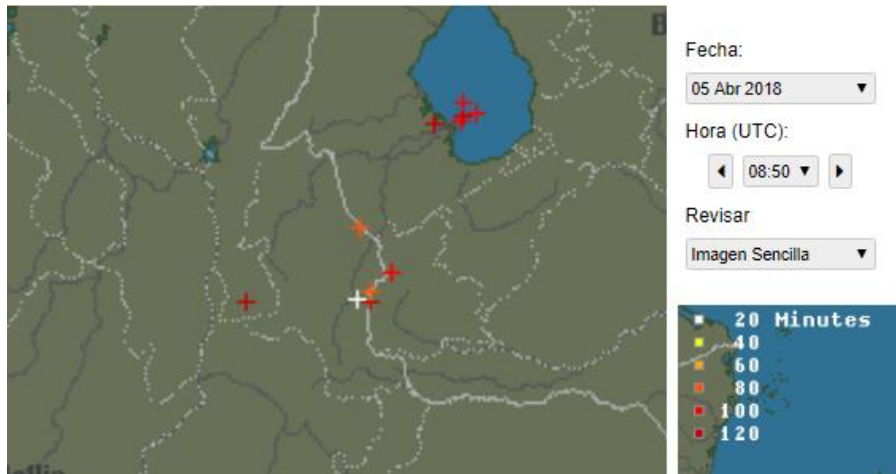
Tabla 36 Resumen descargas atmosféricas en arranques 2016, 2017 y 2018

Código SPARD	#	Descargas atmosféricas arranques 2016 FSW363																							
		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
FSW363	1							28	14:23																
SW6566	2																			8	14:33				
FSW364	3																			10	3:23				
BSW5642	4																			19	7:54				
FSW363	5																			27	13:15				
FSW365	6																			28	15:30				
BSW5642	7																			29	3:17				
FSW363	8																					2	20:23		
PASW3746	9																					3	14:20		
FSW364	10																					23	7:31		
FSW364	11																							17	7:27
FSW364	12																							21	8:20
	#	Descargas atmosféricas 2017 FSW363																							
		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
BSW5642	13	3	3:21																						
FSW364	14	3	18:52																						
FSW363	15					27	6:23																		
BSW3647	16					27	3:25																		
FSW365	17					28	7:00																		
FSW363	18							8	13:34																
ESW6394	19							3	8:00																
FSW364	20							3	8:00																
BSW5642	21									26	3:24														
BSW6011	22															20	15:54								
SW6566	23															27	5:56								
BSW5327	24															27	10:45								
BSW5642	25															28	3:11								
FSW363	26																				2	5:51			
BSW5327	27																				2	11:55			
FSW363	28																						18	3:07	
BSW5642	29																						18	3:30	
FSW364	30																						19	7:30	
GSW4088	31																						24	10:27	
	#	Descargas atmosféricas 2018 FSW363																							
		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
FSW364	32	6	7:00																						
FSW364	33							5	7:27																
SW6575	34							14	3:12																
FSW365	35							14	10:03																
SW6566	36									8	14:35														
BSW5327	37															17	14:32								
PASW3868	38															17	14:41								
FSW369	39															17	16:58								
SW6566	40																				13	6:22			
FSW365	41																				13	6:25			
BSW5642	42																				14	10:03			
FSW369	43																						15	7:58	

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En las ilustraciones 12, 13 y 14 se encuentran 3 ejemplos de desconexiones ocurridas por descargas atmosféricas registrados en el resumen de la tabla 20, los eventos de esta tabla están registrados en un documento de Word llamado "DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN TRANSFORMADORES Y ARRANQUES"

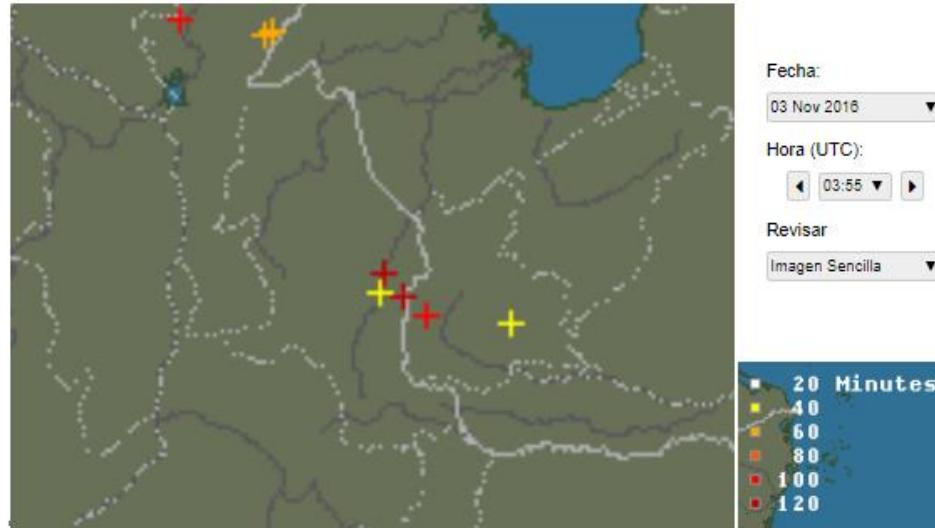
Ilustración 31 Ejemplo 1 Arranques



Tomada de: http://es.blitzortung.org/historical_maps.php?map=51 a las 08:0 a.m. del día 25 de junio de 2019

Mapa Norte de Santander 5 de abril de 2018 evento reportado por CENS a las 7:27 horas. Los eventos fueron evidenciados por la página web “<http://es.blitzortung.org>” a las 3:50 Hora en Colombia del día 5 de abril del año 2018.

Ilustración 32 Ejemplo 2 Arranques



Tomada de: http://es.blitzortung.org/historical_maps.php?map=51 a las 16:10 del día 25 de junio de 2019.

Mapa Norte De Santander 3 de noviembre de 2016 evento reportado por CENS a las 14:20 horas. Los eventos fueron evidenciados por la página web “<http://es.blitzortung.org>” a las 22:55 Hora en Colombia del 2 de noviembre del año 2016

Capítulo 5

En este capítulo se dan las recomendaciones para dar las soluciones o mitigar el número de desconexiones, duración de estas interrupciones forzadas y disminuir el impacto que estas tienen sobre los usuarios y la imagen de la empresa.

5. Recomendar acciones correctivas para mitigar las fallas en la derivación FSW363.

5.1 Descargas atmosféricas

En este trabajo se hace referencia a la guía compartida por el CET (Centro de Excelencia Técnica) de CENS para el uso de suelos artificiales. Se considera conveniente dar un tratamiento especial a esta causa de falla ya que no está en el alcance del estudio que se realiza en el proyecto de grado.

Instalar el SPT adecuado al nivel isoceráunico de la región.

Realizar mediciones de resistencia del SPT y resistividad del terreno.

OBJETO

El objeto de esta guía es hacer unas recomendaciones para instalaciones de sistemas de puesta a tierra y aplicación de suelos artificiales en la derivación FSW363. [9]

INTRODUCCIÓN

“El artículo 15 “SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA” del RETIE, indica lo siguiente: Toda instalación eléctrica que le aplique el RETIE, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla”. [9]

“Se debe tener presente que el criterio fundamental para garantizar la seguridad de los seres humanos es la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debida a las **tensiones de paso, de contacto o transferidas** y no el valor de resistencia de puesta a tierra tomado aisladamente. Sin embargo, un bajo valor de la resistencia de puesta a

tierra es siempre deseable para disminuir la máxima elevación de potencial o GPR (Ground Potential Rise)".[9]

"Con frecuencia, es imposible obtener la reducción deseada de resistencia de tierra agregando más conductores o más varillas de tierra a la malla. Una solución alternativa es incrementar de manera efectiva el diámetro de los electrodos, modificando el suelo alrededor del electrodo. Los métodos más conocidos son los siguientes:". [9]

"a) El uso de bentonita, una arcilla natural que contiene montmorillonita, que se formó por acción volcánica hace mucho tiempo, y es un elemento no corrosivo, estable y tiene una resistividad de $2.5 \Omega\text{-m}$ al 300% de humedad. Es de naturaleza higroscópica".[9]

"b) El uso de sales como cloruro de sodio, magnesio y sulfatos de cobre, o cloruro de calcio, para incrementar la conductividad del suelo alrededor del electrodo. Pero estas sales emigran a otras áreas".[9]

"c) El uso de electrodos de tipo químico que constan de un tubo de cobre relleno de una sal. Los agujeros en el tubo permiten la entrada de humedad, disolver las sales y permitir que la solución de sal se filtre en la tierra".[9]

"d) Materiales artificiales de tierra, de baja resistividad colocados alrededor de las varillas y de los conductores en la zanja".[9]

"e) Electrodos revestidos de concreto, donde el concreto por ser un material higroscópico y que atrae la humedad, al ser enterrado en el suelo se comporta como un semiconductor mediano con resistividades de 30 a $90 \Omega\text{-m}$, pero facilita la corrosión. ".[9]

"En la actualidad no existe una norma a nivel internacional que especifique las características, ensayos físico-químicos y eléctricos de los diferentes rellenos utilizados para tratamiento de los suelos".[9]

"Los rellenos y aditivos se utilizan para mejorar la conductividad y la resistencia eléctrica de los suelos en los sistemas de puesta a tierra de las redes distribución de energía de 13.2 y 34.5 kV, cuando los suelos presentan una resistividad eléctrica alta, suelos inestables eléctricamente o para evitar colocar más electrodos".[9]

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

"La IEEE80 plantea las siguientes ecuaciones para calcular la resistencia de un sistema de puesta a tierra según el método SCHWARZ".[9]

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

Ecuación 3 Método SCHWARZ

Donde:

“R1 → Resistencia de tierra de los conductores de la malla en Ω”.[9]

“R2 → Resistencia de tierra de todas las varillas de tierra en Ω”.[9]

“Rm → Resistencia mutua entre el grupo de conductores de la malla R1 y el grupo de varillas de tierra R2, en Ω”.[9]

La resistencia de tierra de la malla está dada por:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{\sqrt{d_c h}} \right) - \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

Donde:

Ecuación 4 Resistencia de tierra de la malla

$$K_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_x}{L_y} + 4.68$$

“ρ → Resistividad del terreno Ω·m”.[9]

“LC → Longitud total de todos los conductores de la malla en m”.[9]

“h → Profundidad de los conductores de la malla en m”.[9]

“dC → Diámetro del conductor de la malla en m”.[9]

“A → Área cubierta por los conductores de la malla de tierra m²”.[9]

“LX, LY → Largo, ancho de la malla en m”.[9]

La resistencia de las varillas de tierra está dada por:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_r L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 + \frac{2K_1 L_r}{\sqrt{A}} - (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right]$$

Ecuación 5 Resistencia de las varillas de tierra

Donde:

“ $nr \rightarrow$ Número de varillas de tierra”.[9]

“ $L_r \rightarrow$ Longitud de cada varilla en m”.[9]

“ $dr \rightarrow$ Diámetro de la varilla en m”.[9]

La resistencia de tierra mutua entre la malla y las varillas está dada por:

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

Ecuación 6 Resistencia de tierra mutua entre la malla y las varillas

“La resistencia combinada de R1 y R2 será menor que la resistencia a tierra, analizando ambos componentes por sí solos; pero será más alta que la de la combinación en paralelo ($R_m < R_1$, $R_m < R_2$, $R_g > R_m$)”.[9]

“De acuerdo con lo establecido en la IEEE 142, la resistividad del suelo podrá ser reducida por cualquier tipo de tratamiento químico desde el 15% hasta el 90%, dependiendo del tipo y textura del suelo circundante. Existe una gran cantidad de medios químicos para ello tales como cloruro de sodio, sulfato de magnesio, sulfato de cobre y cloruro de sodio, siendo los más comunes las sales y el sulfato de magnesio. Los químicos son generalmente aplicados alrededor de la trinchera circular –hueco- del electrodo de tal manera que quede en íntimo contacto con éste. Cuando el tratamiento del suelo realizado no permanece en el tiempo o por largos períodos, éste puede acelerarse saturando con agua el área tratada o puede ser renovado periódicamente según características del suelo y de la sustancia química. A continuación, se muestran las siguientes figuras de la IEEE 81, sobre la variación de la resistividad del suelo, de acuerdo con mejoradores, temperatura y humedad”.[9]

“La cantidad de material de relleno requerido está determinado en muchos casos por el volumen de interface y por los principios del cilindro crítico. Un electrodo de tierra establece una conexión a tierra afectando solamente un cierto volumen del terreno, llamado volumen de interface”.[9]

“La siguiente fórmula descrita por la IEEE80 se puede usar para determinar la resistencia de puesta a tierra de un sistema con cemento conductor”.[9]

$$R_{CE-rod} = \frac{1}{2\pi L_r} \{ \rho [\ln(8L_r / D_c) - 1] + \rho_c [\ln(8L_r / d) - 1] - \rho_c [\ln(8L_r / D_c) - 1] \}$$

Ecuación 7 Resistencia de puesta a tierra de un sistema con cemento conductor

Donde

“ ρ_c = Es la resistividad del concreto en $\Omega \cdot m$ (el valor típico es $2.5 \Omega \cdot m$) ”.[9]

“ ρ = Es la resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$ ”.[9]

“ L_r = Es la longitud de la varilla en m”.[9]

“ d = Es el diámetro de la varilla en m”.[9]

“ D_c = Es el diámetro de la capa de concreto en m”.[9]

“La siguiente fórmula descrita por fabricantes se puede usar para determinar la resistencia de puesta a tierra en sistemas con suelos artificiales y electrodos verticales”.[9]

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} * \ln\left(\frac{4l}{r}\right) * [1 - 0.5 * (\rho - \rho_{sa})^{0.06}]$$

Ecuación 8 Resistencia de puesta a tierra en sistemas con suelo artificiales y electrodos verticales

Donde

“ ρ_{sa} = Es la resistividad del suelo artificial en $\Omega \cdot m$ (el valor típico es $2.5 \Omega \cdot m$)”.[9]

“ ρ = Es la resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$ ”.[9]

“ l = Es la longitud de la varilla en m”.[9]

“ r = es el radio de la varilla”.[9]

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN CEMENTO CONDUCTIVO

“La instalación del cemento conductivo depende de la configuración del sistema de puesta a tierra que se tenga, así por ejemplo el procedimiento a emplear para varillas verticales es el siguiente:”.[9]

“1. Se excava un hueco circular de aproximadamente de 30 cm de diámetro y de la profundidad de la varilla”.[9]

“2. Utilizando un tubo de PVC de 4” como formaleta en el centro del hueco, se rellena y compacta con tierra alrededor del tubo, con movimientos circulares permitiendo que este no se fije a la tierra. (Retirar el Tubo, solo se usa como molde, en caso de dejarlo aislaría el sistema de puesta a tierra) ”.[9]

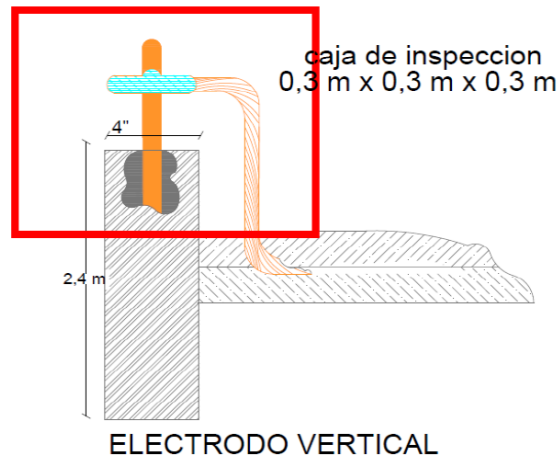
“3. Se coloca la varilla verticalmente y centrada en el tubo de PVC de 4” ”.[9]

“4. En un recipiente grande o caneca se mezcla el Cemento Conductivo con agua hasta formar una masa homogénea semejante a un mortero”.[9]

“5. En porciones se aplica esta mezcla hasta cubrir la varilla. Colocando en el extremo el correspondiente conector o soldadura exotérmica y el cable que iría hacia el equipo a proteger”. [9]

Un bulto de 25 Kg rinde para una varilla de 2,4 m.

Ilustración 33 Instalación de cemento conductivo para electrodos verticales



“El procedimiento de instalación para electrodos horizontales es el siguiente:

1. Por el recorrido del conductor de malla se excava una zanja de aproximadamente 30 cm de ancho y de 75 cm de profundidad con respecto al nivel final”. [9]

“2. En un recipiente grande o caneca se mezcla el Cemento Conductivo con agua hasta formar una masa homogénea semejante a un mortero”. [9]

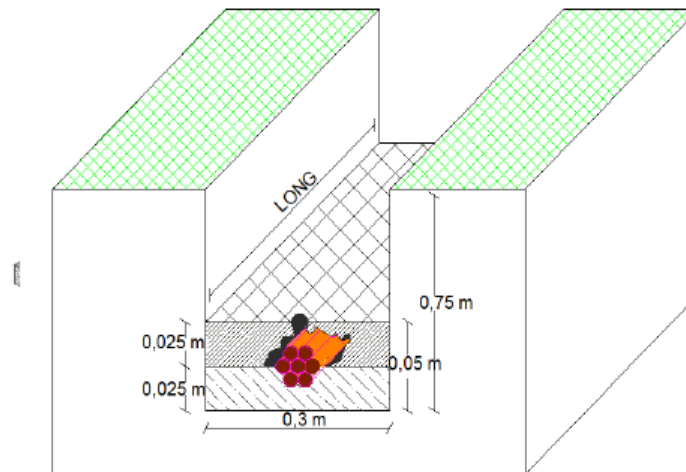
“3. Se aplica una capa de esta mezcla en el fondo de la zanja extendiéndola uniformemente, con un ancho de 30 cm y un espesor de 2,5 cm”. [9]

“4. Sobre esta capa se instala el conductor de puesta a tierra y se realizan las correspondientes conexiones (soldaduras exotérmicas o conectores). Se debe ubicar el conductor lo más recto posible en el centro de la zanja”. [9]

“5. Se aplica otra capa de Cemento Conductivo mezclado con agua sobre el conductor extendiéndola uniformemente, con un ancho de 30 cm y un espesor de 2,5 cm”. [9]

“6. Finalice el relleno de la zanja con tierra, compactando únicamente cuando termine de tapar la zanja. Con las especificaciones anteriormente dadas, un bulto de 25 Kg rinde aproximadamente 1,4 m de zanja”. [9]

Ilustración 34 Instalación de cemento conductivo para electrodos horizontales



PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN SUELOS ARTIFICIALES

“El procedimiento de instalación de suelos artificiales es el siguiente:

1. Por el recorrido del conductor de malla se excava una zanja de aproximadamente 30 cm de ancho y de 180 cm de profundidad”.[9]

“2. En un recipiente grande o caneca se mezcla el suelo artificial con agua hasta formar una masa homogénea semejante a un mortero, se puede usar la relación de 5 litros de agua por cada 3 kg de material”.[9]

“3. Se aplica una capa de esta mezcla en el fondo de la zanja extendiéndola uniformemente”.[9]

“4. Sobre esta capa se instala el conductor de puesta a tierra y se realizan las correspondientes conexiones (soldaduras exotérmicas o conectores). Se debe ubicar el conductor lo más recto posible en el centro de la zanja”.[9]

“5. Finalice el relleno de la zanja con tierra, compactando únicamente cuando termine de tapar la zanja”.[9]

“Para suelos blandos ácidos, se recomienda aplicarlo como se indica en la figura 3. La aplicación mínima de suelos artificiales es de una dosis de 25 kg por cada electrodo o por cada siete metros de cable enterrado”.[9]

“Para suelos arenosos secos, se recomienda aplicarlo con electrodos verticales seccionados, como se indica en la figura 4”.[9]

“Para lograr una baja resistencia en suelos rocosos, en los que con electrodos convencionales no se logre reducirla a los valores deseados, se recomienda usar contrapesos como se muestra en la figura 5 y calculados con la siguiente formula:”. [9]

$$L_c = 50 - \frac{2}{3}(H - 15)(m)$$

Ecuación 9 Cálculos contrapesos suelos rocosos

Donde

“H = Es la altura de la torre o poste”. [9]

Con la instalación de contrapesos la resistencia de puesta a tierra se calcula de la siguiente forma

$$R = \frac{\rho}{\pi l_c} * [\ln(\frac{2l}{\sqrt{dh}}) - 1] * [1 - 0.5 * (\rho - \rho_{sa})^{0.06}]$$

Ecuación 10 resistencia de puesta a tierra con la instalación de contra pesos

Ilustración 35 Aplicación suelo artificial terreno blando



Ilustración 36 Aplicación suelo artificial arenoso seco

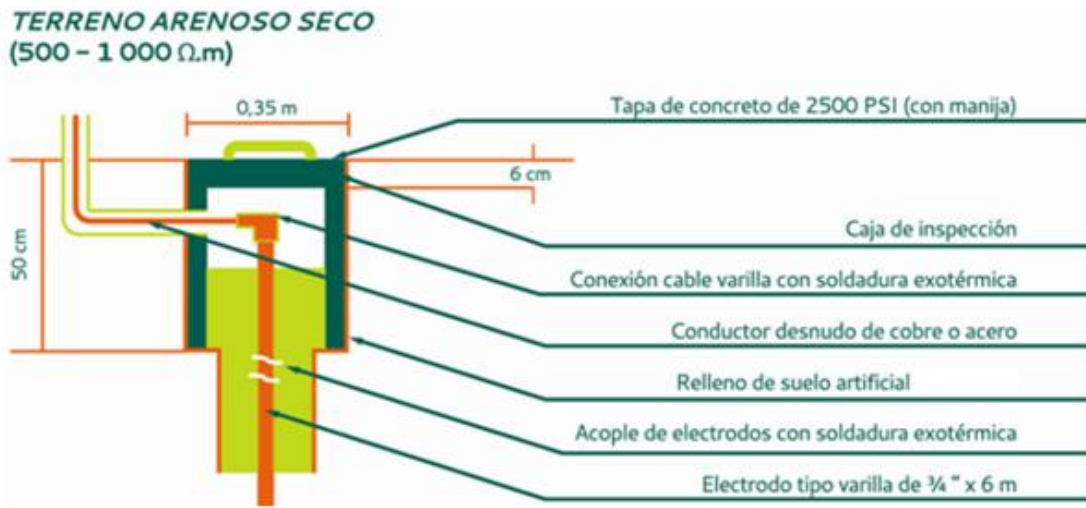
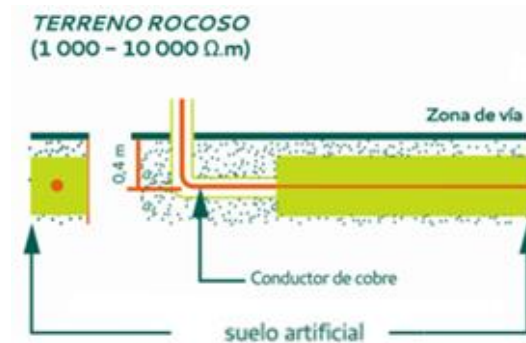


Ilustración 37 aplicación suelo artificial terreno rocoso con contrapesos



TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

“En sistemas de corriente alterna, a 50 o 60 Hz el cuerpo humano se puede modelar como una resistencia. La resistencia que ofrece el cuerpo de una persona al paso de la corriente a tierra varía de acuerdo con la constitución de la persona expuesta al evento y otros factores como la presencia de cicatrices en el punto de contacto”.[9]

“En general se ha estimado que la resistencia que ofrece una persona promedio a la conducción de corrientes a tierra - considerando los caminos de mano a pie y de pie a pie - se puede aproximar a 1000 Ω ”.[9]

“El SPT tiene como parte de sus objetivos, proteger a las personas de tensiones potencialmente peligrosas, por tanto, dentro de sus datos de entrada se deben calcular cuáles son los valores límites para dichas tensiones”.[9]

“Como primera consideración se debe tener en cuenta lo descrito en el paso 7 del procedimiento de diseño de la IEEE 80 (numeral 16.4), “Si la máxima elevación de potencial a tierra (GPR) calculado es menor a la tensión de contacto tolerable, no es necesario realizar más análisis”.[9]

$$GPR = I_g * R_g$$

Ecuación 11 Máxima elevación de potencial a tierra

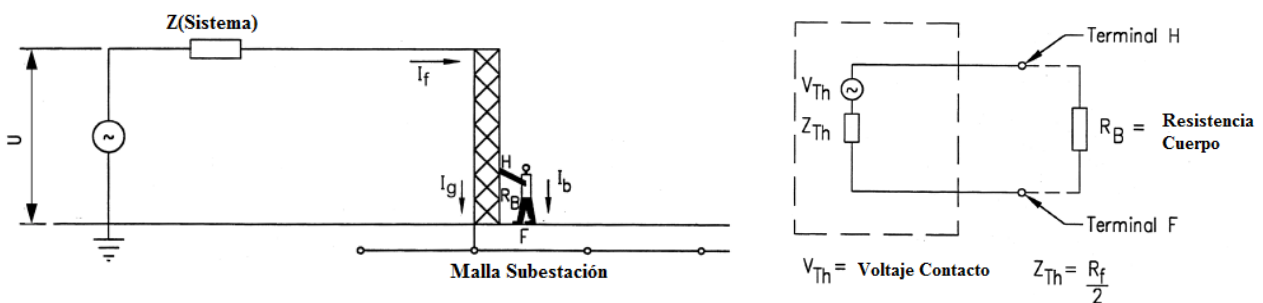
“ I_g : Corriente en la malla”.[9]

“ R_g : Resistencia de puesta a tierra”.[9]

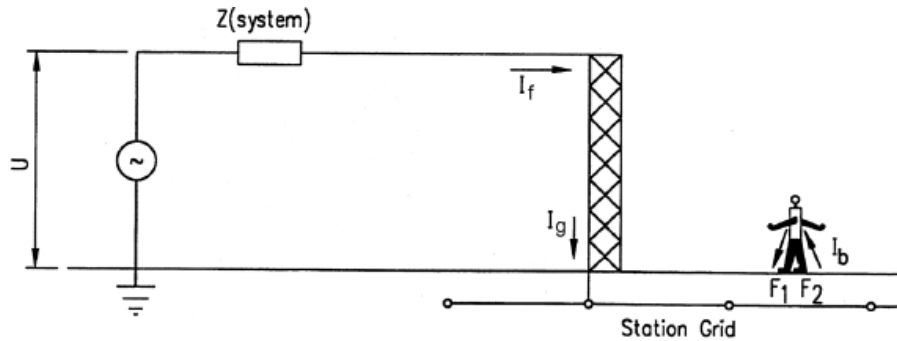
“Teniendo en cuenta lo anterior, se puede considerar que, al disminuir la resistencia de puesta a tierra se disminuye en igual proporción el GPR, el cual se deberá comparar con la tensión de contacto permisible y validar si está por debajo de ésta para detener el análisis del sistema”.[9]

En este sentido, **la mayor** condición de riesgo tiene lugar cuando una persona entra en contacto con una estructura aterrizada durante el despeje de una falla a tierra, tensión de contacto, como se muestra la Ilustración 38 configurándose el circuito equivalente descrito.[9]

Ilustración 38 Circuito equivalente durante una falla (tensión de contacto)



“La otra condición de riesgo es la presentada por las tensiones de paso las cuales son menos peligrosas que las de contacto, pero que es necesario controlar. Las tensiones de paso son la diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por un paso (aproximadamente un metro). En la figura 7 se muestra el esquema de las tensiones de paso”.[9]

Ilustración 39 Circuito equivalente durante una falla (tensión de paso)

A continuación, se describen las fórmulas para determinar las tensiones de paso y contacto máximas.

- **Tensión de contacto para una persona de 50 kg y 70 kg respectivamente:**

$$E_{\text{contacto}50\text{kg}} = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} (1000 + 1.5 C_s \rho_s)$$

Ecuación 12 tensión de contacto para una persona de 50 Kg

$$E_{\text{contacto}70\text{kg}} = \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} (1000 + 1.5 C_s \rho_s)$$

Ecuación 13 tensión de contacto para una persona de 70 Kg

- **Tensión de paso para una persona de 50 kg y 70 kg respectivamente:**

$$E_{\text{paso}50\text{kg}} = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} (1000 + 6 C_s \rho_s)$$

Ecuación 14 Tensión de paso para una persona de 50 kg

$$E_{\text{paso}70\text{kg}} = \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} (1000 + 6 C_s \rho_s)$$

Ecuación 15 Tensión de paso para una persona de 70 kg

“Se debe tener en cuenta que las ecuaciones anteriores son para modelos del terreno bicapa, si se consideran modelos monocapa $C_s = 1$ y $\rho_s = \rho$ ”.[9]

“Para determinar las tensiones de paso y contacto reales para cada SPT se tienen las siguientes formulas, se debe tener en cuenta que para que el diseño sea bueno las tensiones de paso y contacto reales deben ser menores a las tolerables”.[9]

$$V_{\text{contacto}} = \frac{\rho * I_G * K_m * K_i}{L_c + \left[1.55 + 1.22 * \left(\frac{L_v}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2}} \right) \right] * N * L_v}$$

Ecuación 16 Tensión de contacto real

Donde:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left[\frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2 * h)^2}{8 * D * d} - \frac{h}{4 * d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} * \ln \left[\frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right] \right]$$

Ecuación 17 Tensión de contacto real

“ D = Los espaciamientos entre conductores”.[9]

“ d = Diámetro de la varilla”.[9]

“ L_c = Longitud de conductor horizontal”.[9]

“ L_v = Longitud de conductor vertical (varilla) ”.[9]

“ h = Profundidad de enterramiento de la malla/varilla

“ $K_{ii} = 1$ Para mallas con electrodos de varilla a lo largo del perímetro, en las esquinas o dentro de la malla ”.[9]

“ $K_{ii} = \frac{1}{(2*n)^{\frac{2}{n}}}$ Para mallas sin electrodos tipo varilla o con pocas varillas dentro de la malla”.[9]

“ $K_h = \sqrt{1 + h}$ ”.[9]

“ $K_i = 0.644 + 0.148 * n$ ”.[9]

“ n representa el número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente, y está dado por: ”.[9]

“Para mallas cuadradas: $n = n_a$ ya que $n_b = n_c = n_d = 1$ ”.[9]

“Para mallas rectangulares: $n = n_a$. n_b ya que $n_c = n_d = 1$ ”.[9]

“Para mallas en forma de L: $n = n_a$. n_b . n_c ya que $n_d = 1$ ”.[9]

“ $n = n_a * n_b * n_c$ Donde $n_a = \frac{2*L_c}{L_p}$ $n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4*\sqrt{A}}}$ $n_c = \left(\frac{L_1*L_2}{A} \right)^{\frac{0.7*A}{L_1*L_2}}$ ”.[9]

“ $L_p = (L_1 + L_2) * 2$ En m para mallas cuadradas o rectangulares”.[9]

5.2 Recomendaciones para causa ramas en la red

Se recomienda cumplir las Distancias de seguridad establecidas por el RETIE.

Cumplir con el cronograma de poda y limpieza de trocha que se dejara indicado en el capítulo 6.

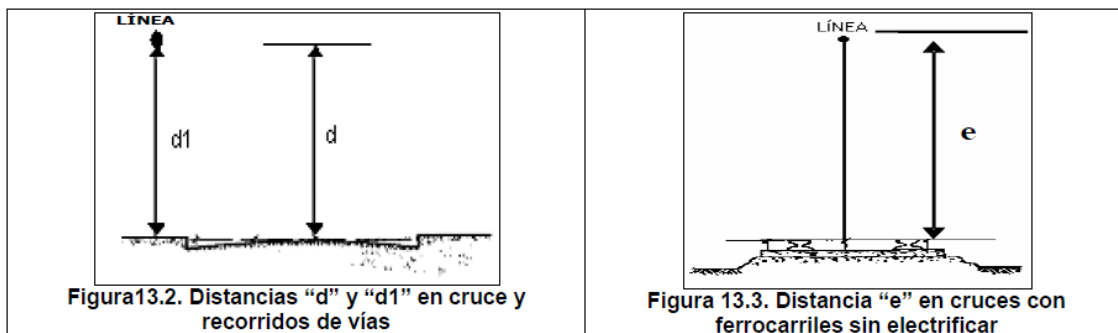
Adicionalmente se debe trabajar con la comunidad para socializar los riesgos de sembrar árboles debajo de las redes.

Artículo 13 del RETIE distancias de seguridad

“Para efectos del presente reglamento y teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención siempre será guardar una distancia respecto a las partes energizadas, puesto que el aire es un excelente aislante, en este apartado se fijan las distancias mínimas que deben guardarse entre líneas o redes eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificaciones, piso del terreno destinado a sembrados, pastos o bosques, etc.), con el objeto de evitar contactos accidentales.”[4]

13.2 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES LUGARES Y SITUACIONES

En líneas de transmisión o redes de distribución, la altura de los conductores respecto del piso o de la vía, como lo señalan las Figuras 13.2 y 13.3, no podrá ser menor a las establecidas en la Tabla 13.2.



Sección de la tabla 13.2

Distancia mínima al suelo "d" en zonas de bosques de arbustos, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc. Siempre que se tenga el control de la altura máxima que pueden alcanzar las copas de los arbustos o huertos, localizados en la zonas de servidumbre (Figura 13.2).	500	8,6
	230/220	6,8
	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5,0
En áreas de bosques y huertos donde se dificulta el control absoluto del crecimiento de estas plantas y sus copas puedan ocasionar acercamientos peligrosos, se requiera el uso de maquinaria agrícola de gran altura o en cruces de ferrocarriles sin electrificar, se debe aplicar como distancia "e" estos valores (Figura 13.3) ²	500	11,1
	230/220	9,3
	115/110	8,6
	66/57,5	8,3
	44/34,5/33	8,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	8,1
	<1	7,5

5.3 Coordinación de protecciones

Se recomienda seguir los criterios de selección a la hora de reemplazar los fusibles.

Criterio Para Selección De Los Fusibles

“El criterio de selección se apoya básicamente en la UNE 21-122 “Guía de aplicación para la elección de fusibles de alta tensión destinados a utilizarse en circuitos con transformadores”, si bien se han tomado en consideración otros aspectos como la utilización de una gama reducida de calibres para los centros propiedad de Iberdrola con objeto de optimizar el stock, la coordinación con relés o fusibles de derivación aguas arriba o la utilización de un calibre mínimo de 12K para fusibles de expulsión debido a la fusión intempestiva de los calibres bajos por descargas atmosféricas, entre otros”. [11]

Para seleccionar un fusible se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Tensión y nivel de aislamiento
2. Tipo de sistema
3. Máximo nivel de cortocircuito
4. Corriente de carga

- **SELECCIÓN DE LA CORRIENTE NOMINAL**

“La corriente nominal del fusible debe ser mayor que la máxima corriente de carga. Debe permitirse un porcentaje de sobrecarga de acuerdo a las condiciones del equipo

protegido. En el caso de transformadores de potencia, los fusibles deben ser seleccionados de tal forma que su característica tiempo-corriente este por arriba de la curva de energización (inrush) y por debajo de su límite térmico. Algunos fabricantes confeccionan tablas para la asistencia en la apropiada selección del fusible para diferentes valores nominales y disposiciones”.[11]

- **SELECCIÓN DE LA TENSIÓN NOMINAL**

Para determinar la tensión nominal se debe tener en cuenta:

“tensión máxima de fase o de línea, tipo de puesta a tierra y número de fases (tres o una)”.[11]

“Las características del sistema determinan la tensión vista por el fusible en el momento en que interrumpe la falla. Tal tensión debe ser igual o menor que la tensión nominal del fusible. Por lo tanto, debe aplicarse los siguientes criterios”.[11]

“En sistemas aislados, la tensión nominal debe ser igual o mayor que la tensión máxima de línea. En sistemas trifásicos puestos a tierra, para cargas monofásicas, la tensión nominal debe ser igual o mayor que la máxima tensión de fase y para cargas trifásicas la tensión nominal es seleccionada en base a la tensión de línea”.[11]

- **Selección de la capacidad de cortocircuito de los fusibles**

“La capacidad de cortocircuito del fusible debe ser igual o mayor que la corriente de falla trifásica calculada en el punto de instalación del fusible”.[11]

5.4 Falla en aislamiento

Para verificar el estado de los aisladores que se utilizan en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA de CENS se realizaron estudios en el laboratorio LEMAT de CENS en la ciudad de Cúcuta el cual tuvo los siguientes resultados.

Información de laboratorio

En las pruebas de laboratorio se estudió el estado de los objetos de prueba que son los siguientes: tipo pin, aislador sintético, aislador de suspensión y dps que se utilizan en la

derivación FSW363. Haciendo pruebas a dispositivos nuevos y dispositivos usados en terreno. Las pruebas que se realizaron a los aisladores y el dps son, los métodos de ensayo para aisladores de potencia eléctrica de las Normas Técnicas Colombianas N.T.C (INCONTEC).

Tabla 37 Resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio LEMAT

Prueba	Método De Ensayo	Elemento	Prueba tensión Aplicada								
			Nuevo o Usado	Estado	Temperatura °C	Humedad %	Tiempo (s)	Voltaje (kV) ± 0.1	Corriente (μ A)	Cumple ensayo	
1	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador sintético 001	Nuevo	Seco	18.3	56.4	67	13	10.9	si	
1	Tensión sostenida en húmedo a baja frecuencia	Aislador sintético 001	Nuevo	Húmedo	18.3	56.4	67	13	11	si	
2	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador tipo pin 002	Nuevo	Seco	18.7	57.3	67	12.9	41.5	si	
2	Tensión sostenida en húmedo a baja frecuencia	Aislador tipo pin 002	Nuevo	Húmedo	18.7	57.3	67	12.9	55.6	si	
3	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	DPS 003	Nuevo	Seco	18.4	56.6	67	10.3	299	si	
3	Tensión sostenida en húmedo a baja frecuencia	DPS 003	Nuevo	Húmedo	18.4	56.6	67	10.3	299	si	
4	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador suspensión 004	Nuevo	Seco	18.2	57	67	12.9	159.5	si	
4	Tensión sostenida en húmedo a baja frecuencia	Aislador suspensión 004	Nuevo	Húmedo	18.2	57	67	12.8	164	si	
5	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador tipo pin 005	Usado	Seco	17.9	56.6	67	12.9	9.2	si	
5	Tensión sostenida en húmedo a baja frecuencia	Aislador tipo pin 005	Usado	Húmedo	18.1	56.6	67	12.9	9.3	si	
6	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador tipo pin 006	Usado	Seco	18.1	56.2	67	13	42.3	si	
6	Tensión sostenida en húmedo a baja frecuencia	Aislador tipo pin 006	Usado	Húmedo	18.1	56.2	67	12.9	52.9	si	
7	Tensión sostenida en seco a baja frecuencia	Aislador tipo pin 007	Usado	Seco	18.3	56.6	67	12.9	41.7	si	
8	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador tipo pin 008	Usado	Seco	18.3	56.6	NA	93	NA	si	
9	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador suspensión 009	Nuevo	Seco	18.3	56.6	NA	87	NA	si	
10	Tensión de flameo en seco a baja frecuencia	Aislador sintético 010	Nuevo	Seco	18.3	56.6	NA	100	NA	NA	

Fuente del autor con base a información suministrada por CENS.

En la tabla 37 se encuentran registrados los elementos a los cuales se les realizó la prueba en el laboratorio LEMAT, las condiciones del laboratorio en el momento de la prueba como temperatura y humedad, si el elemento es nuevo o usado, el tiempo por el cual se realizó la prueba, el nivel de tensión y la corriente que nos da el elemento sometido a estas pruebas.

Ilustración 40 Montaje de laboratorio para la prueba 001



Fuente CENS

En la Ilustración 40 se observan los elementos que se utilizaron en las pruebas de laboratorio, 1 modelo 6CP100 / 50-7,5 que es un conjunto de pruebas dieléctricas AC , 2 medidor de voltaje, 3 aislador para distancias de seguridad, 4 dispositivo al cual se va realizar la prueba en este caso es un aislador tipo sintético.

CONJUNTO DE PRUEBAS DE LABORATORIO AC



Fuente CENS

Ilustración 41 .a) Modelo 6CP100 / 50-7.5

.b) Placa característica del modelo 6CP100 / 50-7.5

En la ilustración 41. a) Se observa el modelo 6CP100 / 50-7.5 que se utilizó en el laboratorio de alta tensión de CENS en la ciudad de Cúcuta, Según el manual de usuario de PHENIX technologies este elemento tiene las siguientes especificaciones técnicas y en la ilustración 41. b) se observa la placa característica del modelo 6CP100 /50-7.5.

PANEL DE CONTROL DEL CONJUNTO DE PRUEBAS EN LABORATORIO AC

Fuente CENS

Ilustración 42 a.) Vista Lateral Panel de control b.) Certificado de calibración

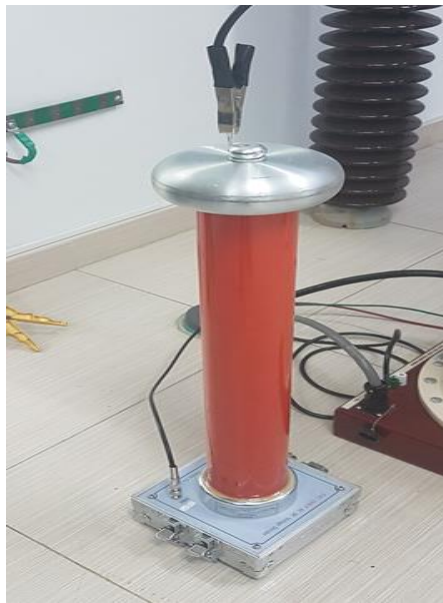
En la ilustración 42 a.) Se observa la vista lateral del panel de control en el cual se observan los valores medidos en las pruebas de laboratorio y en 16 b.) Se observa el certificado de calibración del día 23 de enero del 2019.

PANEL DE CONTROL DEL CONJUNTO DE PRUEBAS EN LABORATORIO AC

Fuente CENS

Ilustración 43 Vista frontal del Panel de control del Modelo 6CP100 / 50-7.5

En ilustración 43 se observa una vista frontal del panel de control en el cual se ven los controles e indicadores.



Fuente CENS

Ilustración 44 a) Divisor de voltaje modelo Modelo: FRC - 100 (P)

b.) Placa característica del divisor de voltaje FRC - 100 (P)

En la ilustración 44 se observa el divisor de CA de la serie FRC con su placa característica.

“El divisor de CA y CC de la serie FRC, también conocido como medidor digital de alto voltaje y divisor de voltaje de resistencia y capacitancia, el usuario puede seleccionar diferentes precisiones de acuerdo con el requisito a medir la precisión máxima en esta serie es CA : 0.5% / CD : 0.5 %”. [8]

Prueba 002 aislador Tipo pin (seco)

La prueba de laboratorio 002 se realizó en un aislador tipo pin el cual se observa en la ilustración 45



Fuente CENS

Ilustración 45 Aislador tipo pin prueba 002

En la ilustración 45 se observa el aislador tipo pin al cual se le realizó la prueba 002 y el montaje de esta prueba.

Prueba 003 DPS Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (DPS)



Fuente CENS

Ilustración 46 DPS prueba 003

En la ilustración 46 se encuentra el elemento de la prueba 003 que es un DPS y está marcado en la parte inferior con el N°003. Y la disposición del montaje para esta prueba

Prueba 004 Aislador de suspensión



Fuente CENS

Ilustración 47 Aislador de suspensión prueba 004

En la ilustración 47 se observa el aislador de suspensión utilizado en la prueba 004 y la disposición del montaje a realizar.



Fuente CENS

Ilustración 48 tensión de flameo en seco a baja frecuencia

En la ilustración 48 se encuentra el montaje realizado para la prueba 009 donde se observa el instante en el que ocurrió el flameo a 87 kv en el aislador de suspensión.



Ilustración 49 tensión de flameo en seco a baja frecuencia

En la ilustración 49 se observa el instante en el que ocurrió el flameo en la prueba 008 a una tensión de 93 kv en el aislador tipo pin.

Las pruebas de laboratorio son positivas para cada uno de los elementos. Se recomienda revisar los aisladores y dps después de una descarga atmosférica.

6. PLANTEAR UN PLAN DE MEJORAMIENTO BASADO EN GESTIÓN DE ACTIVOS PARA MITIGAR O CORREGIR LAS FALLAS EN LA DERIVACIÓN FSW363.

Ilustración 50 Plan de mejoramiento

CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A.E.S.P - REGIONAL PAMPLONA SUBGERENCIA DE DISTRIBUCIÓN Análisis de fallas en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS												CRONOGRAMA PLANTEADO										
PERSPECTIVA	OBJETIVO ESTRATÉGICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	OBJETIVO DE PROCESO	ANTECEDENTES	ACTIVIDAD	META	PROGRAMAS / CRONOGRAMAS	INDICADOR	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FINAL	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Acumulado				
C L I E N T E S	Protección del servicio en calidad, cantidad, estabilidad, seguridad y responsabilidad del cliente	Mejorar los indicadores de calidad del servicio.	Optimizar el Proceso	Durante los años 2016, 2017 y 2018 se presentaron 153 interrupciones en servicio en una derivación de 2705 bares y 49 medidores y 460 transformadores en una derivación de 4263 bares y 24 medidores con un sistema de transformación de 1257 bares. Se han presentado problemas de conexión en el punto de entrega de energía. Programar las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de la empresa que afecte la operación normal de los equipos de transformación. En el año anterior se han planeado acciones para reducir el número de interrupciones en el área de distribución de energía eléctrica. Mejorar la atención al cliente para garantizar la satisfacción del cliente. Establecer un mecanismo de seguimiento de las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de la empresa que afecte la operación normal de los equipos de transformación. Realizar un estudio de factibilidad para la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS.	Inspección y diagnóstico en terreno del SDL en el área FSW363	en 3 km. de trazo	Cronograma de ejecución	Kilómetros recorridos/Kilómetros programados	Gerente de Equipo	09/10/2019	31/03/2019	100%							100,0%			
					Plano técnico de 66/10KV e impacto de trazo	25 km.	Cronograma de pedido	Kilómetros recorridos/Kilómetros programados	Gerente de Equipo	09/10/2019	31/03/2019	100%								100,0%		
					Coordinación de protecciones	Implementación del sistema de protección	Cronograma de instalación	HA	Gerente de Equipo	09/10/2019	31/03/2019											
					Mejoramiento de S.P.T	Mejoramiento de S.P.T y 10 medidores	Plan Operativo de Mantenimiento	Número de interrupciones/medidores programados	Gerente de Equipo	09/10/2019	31/03/2020	200	100	90	165	200	125	900				
					Remediación de red	Remediación de Red 10m	Plan Operativo de Mantenimiento	Kilómetros recorridos/Kilómetros programados	Gerente de Equipo	09/10/2019	31/03/2020											

En la ilustración 50 se muestra el plan de mejoramiento el cual se ejecutara empezando el mes de octubre y acabara en marzo con una duración de 6 meses en las siguientes imágenes se observa detalladamente este plan de mejoramiento.

Ilustración 51 Parte 1 plan de mejoramiento

PERSPECTIVA	OBJETIVO ESTRATÉGICO	OBJETIVO ESPECIFICO	OBJETIVO DE PROCESO	ANTECEDENTES
C L I E N T E S	Prestación del servicio con calidad, continuidad, atención oportuna y responsabilidad social	Mejorar los indicadores de calidad del servicio. Atender integralmente al cliente/usuario brindando soluciones ajustadas a sus necesidades	Optimizar los Procesos	<p>Durante los años 2016, 2017 Y 2018 se presentaron 153 desconexiones en arranques con una duración de 2717 horas y 49 minutos y 140 desconexiones en transformadores con una duracion de 4302 horas y 31 minutos que afectaron a 51 transformadores y 225 usuarios.</p> <p>Las interrupciones presentadas corresponden en un 90% aproximadamente a salidas Forzadas o No Programadas impactando negativamente la imagen y reputación de la empresa ya que al ser de este tipo no es posible dar aviso previo a los usuarios.</p> <p>En años anteriores se han planteado mejoras para reducir salidas forzadas y correcciones a las fallas puntuales como fallas en estructuras que han dado resultados positivos pero es necesario diseñar un plan de mejoramiento con base en los datos estadísticos del proyecto analisis de fallas en la derivación FSW/363 del circuito Paldonjuana del SDL de CENS</p>

El primer ítem de este plan es la perspectiva en la cual se encuentran los clientes quienes son los que deben estar satisfechos con el servicio de energía eléctrica brindado por CENS. En el segundo ítem se encuentra el objetivo estratégico el cual es la prestación del servicio con calidad, continuidad, atención oportuna y responsabilidad social. En el

tercer ítem encontramos el objetivo específico el cual es mejorar los indicadores de calidad del servicio y atender integralmente al cliente (usuario) brindando soluciones ajustadas a sus necesidades. El cuarto ítem es el objetivo del proceso el cual va ser optimizar estos procesos.

El quinto ítem son los antecedentes que han tenido los transformadores y arranques aguas debajo de la derivación FSW363 que se mostró de una forma específica en los capítulos anteriores.

Ilustración 52 parte 2 plan de mejoramiento

ACTIVIDAD	META	PROGRAMAS / CRONOGRAMAS	INDICADOR	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FINAL
Inspección y diagnóstico en terreno del SDL arranque FSW363	49.3 km 52 trafos	Cronograma de recorridos	Kilometros ejecutados/Kilometros programados	Gestor de Equipo	01/10/2019	31/10/2019
Poda técnica de árboles y limpieza de trochas	25 km	Cronograma de podas	Kilometros ejecutados/Kilometros programados	Gestor de Equipo	01/10/2019	31/10/2019
	900 podas	Cronograma de podas	N° podas ejecutadas/N° podas programadas	Gestor de Equipo	01/10/2019	31/03/2020
Coordinación de protecciones	Implementación del esquema salva fusibles	Cronograma instalación fusibles tipo T y tipo K	N.A	Gestor de Equipo	01/11/2019	31/12/2019
Mejoramiento de S.P.T	Mejoramiento de SPT a 10 trafos	Plan Operativo de Mantenimiento	N° trafos ejecutados/N° trafos programados	Gestor de Equipo	01/11/2019	31/01/2020
Remodelación de redes	Remodelación de Redes 1 km	Plan Operativo de Mantenimiento	Kilometros ejecutados/Kilometros programados	Gestor de Equipo	01/01/2020	31/03/2020

En la ilustración 52 se observan las actividades que tiene este plan de mejoramiento en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS para mitigar o corregir las fallas. Donde cada actividad tiene una meta, un indicador, un equipo responsable de realizar la acción y un cronograma.

Ilustración 53 Cronograma planteado

ACTIVIDAD	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Acumulado
Inspección y diagnostico en terreno del SDL arranque FSW363	100%						100,0%
Poda técnica de árboles y limpieza de trochas	100%						100,0%
	200	180	90	105	200	125	900
Coordinación de protecciones							
Mejoramiento de S.P.T		33,33%	33,33%	33,33%			100,0%
Remodelación de redes				33,33%	33,33%	33,33%	100,0%

En la ilustración 53 se encuentra el cronograma planteado para cada actividad del plan de mejoramiento el cual tendrá una duración de 6 meses y ayudara a mejorar los indicadores de calidad media SAIDI y SAIFI en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS.

7. Conclusiones

Se observa al realizar el análisis de fallas que generaron desconexiones en la derivación FSW363 del circuito PALDONJUANA del SDL de CENS que las desconexiones forzadas aumentan en transformadores y en arranques disminuyen. La recomendación es mejorar realizar la revisión del SPT de los 10 transformadores con mayor duración de interrupciones elegidos en el top 10.

Al conocer las causas de las fallas se deben generar acciones correctivas para que estas fallas forzadas disminuyan en cantidad y duración y de esta forma se mejoren los indicadores SAIDI y SAIFI en la derivación FSW363.

En el análisis de datos se ve que los meses críticos por lluvia son abril, mayo y noviembre por lo tanto se recomienda mantenimientos antes de esta fecha con las distancias de seguridad que recomienda el RETIE en las podas. Además, se observa una temporada de vientos es en agosto.

Para disminuir el número de desconexiones forzadas se recomienda seguir las recomendaciones establecidas en el plan de mejoramiento del capítulo 6.

Se debe tener en cuenta que material utilizado para la resistencia de puesta a tierra, tiene su método de instalación por lo tanto los beneficios ofrecidos solo se obtendrán si se garantiza la instalación con el procedimiento correspondiente.

Bibliografía

- [1] NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS [CONTEC]. NTC 1285.
- [2] COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 015 de 2018 «Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional», Enero 29 de 2018.
- [3] CENS S.A. E.S.P. Normas para el Diseño y Construcción de Sistemas de Distribución de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P. San José de Cúcuta. 2008.
- [4] COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Resolución 9 0708 de Agosto 30 2013 por la cual se establece el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)
- [5] R. M. Arias Velásquez and J. V. Mejía Lara, "Model for failure analysis for overhead lines with distributed parameters associated to atmospheric discharges," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 100, pp. 406–427, Jun. 2019.
- [6] CENS S.A E.S.P PGA "Socialización Metodología análisis de fallas. Proceso donde se encuentra la metodología."
- [7] Pagina web " http://es.blitzortung.org/live_lightning_maps.php?map=51 "
- [8] Wuhan nanrui electric co. Ltd
página web "<http://www.nrstar.com/content/?472.html>"
- [9] Escalante Christian Joseph, Ortiz Lady Johana, Jaimes Álvaro "ESTUDIO DE INSTALACIONES DE MEJORAMIENTO DE SEUELOS ARTIFICIALMENTE" Mayo 2019 Centro de Excelencia Técnica CENS.
- [10] CENS S.A. E.S.P Decisión empresarial N° 7200-008-2019 (26 de febrero), por la cual se fijan los precios por venta de servicios y materiales conexos al servicio público de energía eléctrica que realice Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P para el año 2019
- [11] CENS S.A E.S.P, Documento interno 57827, Coordinación de Protecciones
- [12] ACUÑA DURAN EDWIN ANTONIO, Ingeniero Eléctrico, "Plan De Mejoramiento

Para Reducción De Fallas Del Área Rural Del Circuito Palragonvalia De Centrales Eléctricas De Norte De Santander Regional Pamplona”, 2016

- [13] RAMOS ACOSTA EDELMA, "DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL CIRCUITO DE DISTRIBUCION EN MEDIA TENSION (BOSTON 3) ASOCIADO A LA SUBESTACIÓN BOSTON EN SINCELEJO SUCRE DE ELECTRICARIBE"