



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

**ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE LOS EVENTOS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA
PRESENTES EN EL PATIO 34,5 KV DE LA SUBESTACIÓN SAN MATEO DE
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER**

**AUTOR:
CRISTIAN STEVEN MORENO ROJAS**

**DIRECTOR:
M.SC. LUIS DAVID PABÓN FERNÁNDEZ**

**CODIRECTOR:
ING. RICARDO AURELIO RINCÓN PARRA**

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



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA N. DE S. - COLOMBIA
26 DE JUNIO 2021**

**ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE LOS EVENTOS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA
PRESENTES EN EL PATIO 34,5 KV DE LA SUBESTACIÓN SAN MATEO DE
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER**

**AUTOR:
CRISTIAN STEVEN MORENO ROJAS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el Título de Ingeniero
Eléctrico**

**DIRECTOR:
M.SC. LUIS DAVID PABÓN FERNÁNDEZ**

**CODIRECTOR:
ING. RICARDO AURELIO RINCÓN PARRA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. - COLOMBIA
26 DE JUNIO 2021**

DEDICATORIA

A mi madre María Eloísa Moreno.

Dedico este proyecto de grado especialmente a ella por su continuo apoyo, por su paciencia y valores que me han ayudado a ser una mejor persona, pero más que nada por su amor, te debo mucho más que mi existencia.

A mis hermanos

Dedico este trabajo a mis hermanos quienes han sido mis mejores amigos en momentos difíciles, especialmente a mi hermana Lili quien es motivo de inspiración y logros, y a pesar de muchas dificultades siempre ha depositado su confianza e ilusiones en mí.

A Mi Gran Familia

A ustedes la gran familia Moreno, quienes han aportado su granito de arena en este proceso de formación, quienes espero no defraudar. Y finalmente a mi abuelo Leónidas quien con sus historias me ha enseñado a valorar el presente, y a mi abuela quien me acompaña día a día con sus legados y enseñanzas, en paz descanse.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro padre celestial

Doy gracias a Dios por guiarme en cada paso que doy, por darme fortaleza, salud y valor de terminar este proyecto, y por permitirme obtener uno de los tantos títulos que faltan.

A mis compañeros y profesores

Quiero agradecer aquellos que compartieron sus conocimientos en las aulas día a día durante mi trayectoria universitaria. también a los profesores que estuvieron apoyándonos en este proceso de formación. Demostrando su gran apoyo con consejos y conocimientos que me motivaron personal e intelectualmente.

A nuestra casa de estudios

Agradezco a la Universidad De pamplona y a los docentes por instruirme en este período de formación y fortalecerme como ingeniero eléctrico.

A CENS S.A. E.S.P.

A la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P. por darme la oportunidad en estos momentos tan difíciles. También agradezco a los ingenieros Ricardo Rincón, Samuel Mendoza y demás personal del área por las facilidades, apoyo y su aporte tecnológico para realizar este proyecto.

CONTENIDO

Pág.

ABREVIATURAS	17
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	21
1.2 OBJETIVOS.....	22
1.2.1 Objetivo general	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 JUSTIFICACIÓN	22
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	23
1.5 ASPECTOS O CONSIDERACIONES ÉTICAS	24
1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO	24
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	25
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	25
2.1.2 Antecedentes internacionales	26
2.2 IMPORTANCIA DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	28
2.3 CONCEPTOS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA	28
2.3.1 Origen de una mala calidad de energía	29
2.3.2 Efectos de una mala calidad de energía	30
2.3.3 Comparación entre buena y mala calidad de energía	30
2.4 PROCESO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE ENERGÍA	31
2.5 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS	32
2.6 TRANSITORIOS	34
2.6.1 Impulsivos	34
2.6.2 Oscilatorios	35
2.7 VARIACIONES DEL VALOR RMS	37
2.7.1 Sag	37
2.7.2 Swell.....	39
2.7.3 Sobrevoltajes	40
2.7.4 Bajos voltajes	40
2.7.5 Interrupciones	40
2.8 DESBALANCE DE VOLTAJE.....	41
2.9 FLUCTUACIÓN DE VOLTAJE (FLICKER).....	42
2.9.1 Causas del flicker	42
2.10 VARIACIONES DE FRECUENCIA	43
2.10.1 Causas de variaciones de frecuencia	43

2.11	DISTORSIÓN DE LA FORMA DE ONDA.....	44
2.11.1	Armónicas.....	44
2.11.2	Interarmónicas.....	47
2.11.3	Offset de CD.....	47
2.11.4	Muestras.....	48
2.11.5	Ruido.....	49
2.12	MARCO CONTEXTUAL.....	50
2.12.1	Reseña histórica.....	50
2.12.2	Objeto social.....	50
2.12.3	Descripción de la subestación eléctrica San Mateo.....	51
2.12.4	Descripción del patio.....	53
2.13	NORMATIVA REFERENCIAL.....	55
2.13.1	Normativa nacional.....	55
2.13.2	Normativa internacional.....	60
2.14	CURVA ITIC (CBEMA).....	62
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	65
3.1	MATERIALES.....	65
3.1.1	Sistema de Medición y Registro.....	65
3.1.2	Medidor ION 7650 (Calidad De La Energía).....	66
3.1.3	Medidor ION 7300 (SCADA).....	68
3.1.4	Digi TransPort WR21 (Telemedida).....	69
3.2	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.....	71
4.	ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA EN EL PATIO 34,5 KV DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN MATEO	73
4.1	ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	73
4.2	ANÁLISIS DE TENSIONES.....	74
4.3	ANÁLISIS DE CORRIENTE.....	75
4.4	ANÁLISIS DE POTENCIAS.....	77
4.5	DESBALANCE DE TENSIÓN.....	79
4.6	ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA.....	81
4.7	ANÁLISIS DE ARMÓNICOS.....	82
4.7.1	Armónicos de tensión THDV.....	82
4.7.2	Armónicos de corriente THDI.....	85
4.8	FLUCTUACIONES DE TENSIÓN (FLICKER).....	89
4.8.1	Pst (Flicker Short time).....	89
4.8.2	Plt (Flicker Long time).....	90
5.	ANÁLISIS DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL PATIO 34,5 KV DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN MATEO	94
5.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	94
5.1.1	Transitorios.....	95
5.1.2	Sag (Depresiones de voltaje).....	96
5.1.3	Swell (Elevaciones de voltaje).....	97
5.1.4	Interrupciones.....	98

5.2	VALORES ESTADÍSTICOS DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS	99
5.2.1	Transitorios	99
5.2.2	Sag (Depresiones de voltaje)	100
5.2.3	Swell (Elevaciones de voltaje).....	101
5.2.4	Interrupciones	101
5.3	EVENTOS SELECCIONADOS PARA LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ	102
6.	ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	104
6.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	104
6.2	DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS SELECCIONADOS	105
6.2.1	Sag	106
6.2.2	Swell.....	107
6.2.3	Transitorio.....	108
6.2.4	Interrupción	109
6.3	ANÁLISIS CAUSA RAÍZ – ÁRBOL DE FALLAS	110
6.4	ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS	112
6.4.1	Sistema de transmisión nacional (STN)	112
6.4.2	Sistema de distribución local (SDL).....	117
6.4.3	Subestación eléctrica interconectada.....	126
6.4.4	Usuarios S/E analizada.....	141
6.5	ÁRBOL DE FALLA Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA CAUSA RAÍZ	149
7.	CONCLUSIONES	154
8.	RECOMENDACIONES	156
8.1	COMPENSADOR SÍNCRONO ESTÁTICO (STATCOM).....	156
8.2	RESTAURADOR DINÁMICO DE TENSIÓN (DVR).....	157
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
	ANEXOS	162

LISTA DE TABLAS

Pág.

<i>Tabla 1. Fenómenos principales que originan disturbios electromagnéticos. Clasificación de la IEC.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 2. Categorías y características típicas de los fenómenos electromagnéticos del sistema de potencia.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3. Límites máximos de Distorsión Total de Voltaje</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 4. Valores estadísticos de frecuencia</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 5. Valores estadísticos de tensión</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 6. Valores estadísticos de corriente.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 7. Valores estadísticos de las potencias</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 8. Valores estadísticos de los desbalances de voltaje</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 9. Valores estadísticos del factor de potencia.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 10. Valores estadísticos del THDV para V1,V2,V3.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 11. Valores estadísticos del THDI para I1, I2, I3</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 12. Valores estadísticos del flicker Pst</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 13. Valores estadísticos del flicker Plt</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 14. Datos top eventos seleccionados para el RCA.....</i>	<i>102</i>

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Procedimiento básico para la evaluación de calidad de la energía eléctrica</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2. Transitorio impulsivo causado por la corriente de un rayo</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3. Transitorio Oscilatorio (a) circuito capaz de producir un transitorio oscilatorio. (b) transitorio oscilatorio de corriente.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4. Transitorio oscilatorio de baja frecuencia causado por ferorresonancia de un transformador</i>	<i>36</i>
<i>Figura 5. Caída de voltaje causada por una falla SLG. (a) Forma de onda RMS para evento de caída de voltaje. (b) Forma de onda de caída de voltaje.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 6. Caída de voltaje temporal causada por el arranque de un motor.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 7. Aumento de voltaje instantáneo causado por una falla línea-tierra.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 8. Interrupción momentánea por falla y posterior operación del reconectador</i>	<i>40</i>
<i>Figura 9. Tendencia de desequilibrio de voltaje para un alimentador residencial</i>	<i>41</i>
<i>Figura 10. Fluctuaciones de voltaje causadas por el funcionamiento del horno de arco</i>	<i>42</i>
<i>Figura 11. Tendencia de la frecuencia y distribución estadística en el bus de la subestación de 13 kV.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 12. Forma de onda con distorsión.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 13. (a) Armónicos fundamentales, segundo y tercero. (b) Forma de onda distorsionada agregando las formas de onda de frecuencia fundamental y del tercer armónico.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 14. Forma de onda de corriente y espectro armónico para una corriente de entrada ASD</i>	<i>46</i>
<i>Figura 15. Onda sinusoidal con offset de CD: $f(t) = 0.6 + \text{sen}(377t)$ pu</i>	<i>47</i>
<i>Figura 16. (a) Un rectificador trifásico que produce muescas. (b) Una forma de onda que muestra muescas.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 17. Representación gráfica del ruido de modo común y transversal.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 18. Regionales prestaciones de servicio CENS S.A. E.S.P</i>	<i>51</i>
<i>Figura 19. Diagrama unifilar general de la subestación San Mateo</i>	<i>52</i>
<i>Figura 20. Diagrama unifilar patio 34,5 kV de la subestación San Mateo</i>	<i>53</i>
<i>Figura 21. Panorámica de la subestación eléctrica San Mateo</i>	<i>54</i>
<i>Figura 22. Subestación eléctrica San Mateo.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 23. Curva ITIC (CBEMA).....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 24. transitorio oscilatorio amortiguado de baja frecuencia</i>	<i>63</i>
<i>Figura 25. Interfaz del sistema de medición y registro San Mateo OT15.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 26. Medidor PowerLogic ION7650.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 27. Diagrama unifilar subestación San Mateo visto desde el software SCADA</i>	<i>67</i>
<i>Figura 28. Medidor PowerLogic ION7300.....</i>	<i>68</i>

Figura 29. Diagrama del top de usuarios de mayor consumo	69
Figura 30. Módems Digi TransPort WR21 en las fronteras con los usuarios del patio de 34,5 kV.....	70
Figura 31. Diagrama top consumos telemedida enlaces con San Mateo 34,5 kV.....	70
Figura 32. Procedimiento básico que define el análisis causa raíz.	71
Figura 33. Variaciones de frecuencia en el sistema	73
Figura 34. Perfil de tensiones del sistema.....	75
Figura 35. Perfil de corrientes del sistema.....	76
Figura 36. Perfil de potencias del sistema.....	77
Figura 37. Cargabilidad anual de Smax para el año 2020.....	78
Figura 38. Trafos con Cargabilidad entre 70% y 100% para diciembre.....	79
Figura 39. Desbalance de tensión en el sistema	80
Figura 40. Factor de potencia del sistema	81
Figura 41. Distorsión armónica total de V1, V2, V3 del sistema.....	82
Figura 42. Orden de armónicos de tensión para V1.....	83
Figura 43. Orden de armónicos de tensión para V2.....	84
Figura 44. Orden de armónicos de tensión para V3.....	85
Figura 45. Distorsión armónica total de I1, I2, I3 del sistema.....	86
Figura 46. Orden de armónicos de corriente para I1	87
Figura 47. Orden de armónicos de corriente para I2	88
Figura 48. Orden de armónicos de corriente para I3	88
Figura 49. Fluctuaciones de tensión Pst en el sistema	89
Figura 50. Fluctuaciones de tensión de largo plazo Plt_R.....	92
Figura 51. Fluctuaciones de tensión de largo plazo Plt_S.....	92
Figura 52. Fluctuaciones de tensión de largo plazo Plt_T.....	93
Figura 53. Fenómenos electromagnéticos mostrados en la curva ITIC (CBEMA)	94
Figura 54. Número de eventos de transitorios vs magnitud del voltaje	95
Figura 55. Número de eventos de Sag vs magnitud del voltaje.....	96
Figura 56. Número de eventos de Swell vs magnitud del voltaje	97
Figura 57. Número de eventos de Interrupciones vs magnitud del voltaje	98
Figura 58. Valores estadísticos de los transitorios según la magnitud y duración	99
Figura 59. Valores estadísticos de los Sag según la magnitud y duración	100
Figura 60. Valores estadísticos de los Swell.....	101
Figura 61. valores estadísticos de las interrupciones.....	101
Figura 62. selección del top de eventos críticos por fenómeno	102
Figura 63. Número total de eventos presentados por fenómeno.....	103
Figura 64. Representación de los eventos seleccionados en la curva ITIC CBEMA	105
Figura 65. Representación del Sag en la curva ITIC CBEMA [1996]	106
Figura 66. Forma de onda resultantes al presentarse el Sag.....	106
Figura 67. Representación del Swell y la Interrupción en la curva ITIC CBEMA [1996]	107
Figura 68. Forma de onda resultantes al presentarse el Swell	107
Figura 69. Representación del Transitorio en la curva ITIC CBEMA [1996]	108

<i>Figura 70. Forma de onda resultante al presentarse el Transitorio</i>	<i>108</i>
<i>Figura 71. Representación de la Interrupción en la curva ITIC CBEMA [1996]</i>	<i>109</i>
<i>Figura 72. Forma de onda resultante al presentarse la Interrupción</i>	<i>109</i>
<i>Figura 73. Árbol de falla</i>	<i>111</i>
<i>Figura 74. Corrientes de línea con mediciones del SCADA del interruptor IT25</i>	<i>113</i>
<i>Figura 75. Corrientes de línea con mediciones del SCADA del interruptor IT25</i>	<i>114</i>
<i>Figura 76. Corrientes de línea con mediciones del SCADA del interruptor IT25</i>	<i>115</i>
<i>Figura 77. Consignas nacionales durante el año 2020</i>	<i>116</i>
<i>Figura 78. Tensiones URS, UST y UTR para la consigna nacional C0183124</i>	<i>117</i>
<i>Figura 79. Consignas locales en CENS durante el mes de diciembre de 2020</i>	<i>118</i>
<i>Figura 80. Fallas en subestaciones eléctricas de CENS en diciembre de 2020.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 81. Fallas en el SDL de CENS durante el mes de diciembre de 2020.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 82. Perfil de corrientes medidas por el ION7650 el 03 de diciembre de 2020.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 83. Perfil de corrientes medidas por el ION7650 el 08 de diciembre de 2020.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 84. Perfil de corrientes de la interrupción medidas por el ION7650 el 19 de diciembre de 2020.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 85. Perfil de corrientes del transitorio medidas por el ION7650 el 19 de diciembre de 2020.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 86. Eventos presentados en Atalaya curva ITIC CBEMA [1996].....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 87. Eventos presentados en Belén curva ITIC CBEMA [1996]</i>	<i>129</i>
<i>Figura 88. Eventos presentados en El Samán curva ITIC CBEMA [1996]</i>	<i>130</i>
<i>Figura 89. Eventos presentados en Escobal curva ITIC CBEMA [1996].....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 90. Eventos presentados en Ínsula curva ITIC CBEMA [1996].....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 91. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Atalaya.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 92. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Belén</i>	<i>134</i>
<i>Figura 93. Consumo de energía KWhD para los usuarios de El Samán</i>	<i>135</i>
<i>Figura 94. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Escobal</i>	<i>135</i>
<i>Figura 95. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Ínsula.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 96. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Atalaya.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 97. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Belén</i>	<i>137</i>
<i>Figura 98. Consumo de energía KWhD para los usuarios de El Samán</i>	<i>138</i>
<i>Figura 99. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Escobal</i>	<i>138</i>
<i>Figura 100. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Atalaya.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 101. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Belén</i>	<i>140</i>
<i>Figura 102. Consumo de energía KWhD para los usuarios de El Samán</i>	<i>140</i>
<i>Figura 103. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Escobal</i>	<i>141</i>
<i>Figura 104. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 105. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 106. Consumo de energía KWhD para el usuario de la celda SANOL25</i>	<i>144</i>
<i>Figura 107. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 108. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 109. Consumo de energía KWhD para el usuario de la celda SANOL25</i>	<i>146</i>

<i>Figura 110. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 111. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 112. Consumo de energía KWhD para el usuario de la celda SANOL25</i>	<i>148</i>
<i>Figura 113. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz del Sag</i>	<i>150</i>
<i>Figura 114. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz del Swell.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 115. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz de la Interrupción</i>	<i>152</i>
<i>Figura 116. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz del Transitorio</i>	<i>153</i>

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<i>Anexo 1. Datos de los eventos de transitorios tomados por el medidor ION 7650</i>	<i>162</i>
<i>Anexo 2. Datos de los eventos de Sag tomados por el medidor ION 7650</i>	<i>164</i>
<i>Anexo 3. Datos de los eventos de Swell tomados por el medidor ION 7650</i>	<i>167</i>
<i>Anexo 4. Datos de los eventos de interrupciones tomados por el medidor ION 7650.....</i>	<i>167</i>
<i>Anexo 5. Valores estadísticos de los eventos de transitorios.....</i>	<i>168</i>
<i>Anexo 6. Valores estadísticos de los eventos de Sag</i>	<i>169</i>
<i>Anexo 7. Archivo PSM de consignas de tipo nacional de CENS S.A. E.S.P</i>	<i>170</i>
<i>Anexo 8. Archivo consignas de tipo local de CENS S.A. E.S.P.</i>	<i>171</i>
<i>Anexo 9. Archivo informe operativo de CENS para diciembre de 2020</i>	<i>172</i>
<i>Anexo 10. Archivo consumo de telemedida de los usuarios solicitados por subestación..</i>	<i>173</i>
<i>Anexo 11. Archivo CEL_Semana_53_SANOT15 según la CREG 016 2007.....</i>	<i>174</i>
<i>Anexo 12. Archivo de Armónicos del punto de medida SMOT15 para la semana 53.....</i>	<i>175</i>
<i>Anexo 13. Archivo de los registros de calidad de la potencia en el punto de medida SMOT5</i>	<i>176</i>
<i>Anexo 14. Archivo de los registros SCADA en el punto de medida SMOT15 por nivel de tensión 34,5 kV.....</i>	<i>177</i>
<i>Anexo 15. Archivo de los registros SCADA en el punto de medida SMOT15 por nivel de tensión 115 kV.....</i>	<i>178</i>
<i>Anexo 16. Archivo de los eventos de calidad de la energía almacenados en la curva CBEMA</i>	<i>179</i>
<i>Anexo 17. Diagrama unifilar operativo de CENS S.A. E.S.P.....</i>	<i>180</i>
<i>Anexo 18 Autotransformador 115/34.5/13.8 kV de la subestación San Mateo.....</i>	<i>181</i>
<i>Anexo 19 Placa de características del Autotransformador de San Mateo</i>	<i>181</i>

ABREVIATURAS

AC: Corriente alterna

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

CEL: Calidad de la energía eléctrica

CENS: Centrales Eléctricas de Norte de Santander

CPE: Calidad de la potencia eléctrica

CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas

DC: Corriente directa

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

OR: Operador de red

PCC: Punto de Acoplamiento Común

RCA: Análisis causa raíz

SDL: Sistema de Distribución Local

SEP: Sistema eléctrico de potencia

SIN: Sistema Interconectado Nacional

STN: Sistema de Transmisión Nacional

STR: Sistema de Transmisión Regional

THDI: Distorsión armónica total de corriente

THDV: Distorsión armónica total de voltaje

RESUMEN

El presente trabajo de titulación analiza las perturbaciones eléctricas de calidad de la energía presentes en el patio 34,5 kV de la subestación San Mateo perteneciente a CENS. S.A. E.S.P. ubicada en Cúcuta - Colombia. En el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo se encuentran conectadas un gran número cargas críticas y sensibles que necesitan de un suministro de energía constante y sin perturbaciones que afecten la calidad y continuidad del servicio eléctrico. Mediante la información suministrada por el OR, la cual es obtenida de los analizadores de red (ION 7650), se plantea determinar las características de los fenómenos electromagnéticos presentes en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo para verificar si cumplen con los rangos establecidos por las normas IEEE, IEC y las regulaciones nacionales emitidas al respecto (CREG 016 del 2007). Con base en esta información determinar los eventos que no cumplen con los límites exigidos o que simplemente se presentan con mayor frecuencia. Seguidamente, se realizará un análisis mediante un método. Como dice CAICEDO y MATAMOROS¹, el método es utilizado para resolver el problema mediante la deducción, verificación e investigación del incidente para determinar así la causa original del evento y todas las posibles causas subyacentes. Este proceso se realiza de manera repetitiva hasta llegar a la causa física probable, para así obtener los factores que contribuyeron principalmente a los eventos, posteriormente se determina la causa raíz de los eventos según sea el caso. Finalmente, con el presente estudio se desea llegar a las conclusiones de cumplimiento de las diferentes normas nacionales e internacionales y se recomendará soluciones a los problemas de calidad de la energía eléctrica.

PALABRAS CLAVE: Calidad de la energía, medidor de energía ION 7650, fenómenos electromagnéticos, cargas eléctricas y análisis causa raíz.

1 CAICEDO, Marco y MATAMOROS, Liz. Guía de Análisis de Fallas [en línea]. Cúcuta, Colombia: CENS S.A. E.SP. junio. 2018 [citado 11 mar, 2021]. Disponible en internet:<URL: https://mibitacoracens.epm.com.co/GestionA/Documentos%20compartidos/L4.%20Evaluación%20y%20Mejora%20del%20SGA/5.5%20Acciones%20correctivas%20y%20preventivas/Metodologia%20de%20análisis%20de%20fallas%20V4/V4_Guia%20Análisis%20de%20fallas_Final%2013082018.docx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha visto un incremento en estudios, avances tecnológicos y exigencias sobre el tema de calidad de la energía eléctrica, exigencias que van desde el control absoluto de la gran diversidad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un tiempo dado y en un punto determinado de la sistema. En la actualidad, la calidad de la energía tiene mucha importancia debido a que muchas empresas buscan un aumento en productividad y competitividad. Y si a esto le agregamos que cada día más los generadores, transportadores, comercializadores y usuarios en general están apuntando hacia nuevas tecnologías que permitan controlar y mantener la calidad de la energía en los rangos exigidos por los entes regulatorios.

Las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica, lejos de estar exentos de esta problemática, son las que se afectan mayormente de estos fenómenos. Si tenemos en cuenta que los usuarios conectados a sus redes son en primera instancia los generadores de estos fenómenos. El hecho de prestar un servicio de energía a miles de usuarios residenciales, comerciales e industriales, trae consecuencias como las insatisfacciones de los usuarios y sobre todo baja calidad del producto a esos clientes que tanto necesitan de un buen servicio de energía.

Además, los altos costos que significa tener una empresa con bajos indicadores, al traer consigo pérdidas económicas considerables originadas por el continuo aumento de perturbaciones que afectan el sistema eléctrico, esto hace indispensable aportar algo más para estudiar estos fenómenos.

Con el fin de entender esta problemática y aportar algo que pueda ayudar a esclarecer estos fenómenos en la empresa, se plantea la presente investigación que permitirá describir y analizar el vínculo entre los fenómenos y las fuentes generadoras de estos. Para cumplir ese fin, la estructura de la presente investigación se ha dividido en seis partes principales.

En el primer capítulo se hace referencia a la descripción de la realidad problemática, así como los objetivos planteados, la justificación, alcances y/o limitaciones que se puedan presentar durante el estudio. Además de las consideraciones éticas y la viabilidad que tendrá el estudio para presentar una propuesta de mejora de la calidad de la energía.

El capítulo número dos se refiere al marco teórico referencial el cual abarca los conceptos más significativos que ayudaran a entender la problemática. Así como una observación de las investigaciones relacionadas con el tema. Igualmente se hace una descripción del lugar de ejecución del proyecto y la diversa normativa nacional e internacional que nos orientan para monitorear la calidad de la energía.

En el tercer capítulo se realiza una breve descripción de la metodología aplicada en el presente proyecto de investigación. Así mismo se describen los instrumentos que utiliza la empresa para la medición, recolección y almacenamiento de los datos que serán utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación.

En el capítulo cuatro se realiza un análisis de calidad de la energía para los parámetros que miden los analizadores de red que actualmente tienen instalados. En este se describen análisis de frecuencia, análisis de tensiones, análisis de corrientes, análisis de potencias, análisis de factor de potencia y algunos fenómenos como lo son el desequilibrio de tensión, fluctuaciones de tensión y armónicos.

El capítulo cinco tiene como objetivo caracterizar los fenómenos electromagnéticos presentes en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo, esto bajo la clasificación que se realiza de acuerdo con la curva ITIC CBEMA. Así mismo presentar valores estadísticos para cada uno de los fenómenos analizados y por último clasificar un top de eventos críticos para la aplicación del análisis causa raíz.

En el capítulo seis se aplica la metodología análisis causa raíz, la cual inicia desde definir el problema, describir los eventos seleccionados, aplicar la metodología árbol de fallas para identificar la causa principal, además de realizar un análisis para validar/descartar las hipótesis y por último seleccionar y explicar la causa raíz probable de cada uno de los eventos seleccionados en el capítulo cinco.

Finalmente, se señalan las conclusiones a que se llegan y se proponen algunas sugerencias o recomendaciones para futuras investigaciones y acciones que se podrían poner en práctica para prevenir o mitigar los eventos en estudio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el mundo entero la calidad de la energía se está convirtiendo cada vez más en un área de preocupación debido a que existen muchos problemas asociados a la calidad de la energía, los cuales se encuentran presentes en nuestros hogares, industrias y en cualquier red de distribución de energía eléctrica. En América latina sucede que la calidad de la energía y las posibles soluciones para mitigar estos eventos también se ven afectados por diversos factores, los cuales son discutidos dependiendo del tipo de evento que se presente y referenciados a cada normativa que asocia el país.

En Colombia y específicamente en Cúcuta la calidad de la energía eléctrica se ve afectada por sistemas deficientes en las instalaciones generando grandes descompensaciones o perturbaciones eléctricas las cuales alteran las condiciones normales de operación del sistema eléctrico. Por ejemplo, en la subestación Sevilla se realizó un análisis del contenido armónico presente en un punto del sistema y se resultó en la implementación de filtros pasivos para disminuir la distorsión armónica.²

En el patio 34,5 kV de la subestación San Mateo de la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander sucede que hay reportes de los analizadores de red que indican perturbaciones eléctricas que afectan la calidad de la energía en el sistema de distribución eléctrico. Esta situación problemática se da por factores exógenos como las descargas atmosféricas, cortocircuitos en líneas de distribución, fallas remotas en el sistema y la salida repentina de grandes cargas. Así mismo, estas perturbaciones también se deben a las propias instalaciones y/o equipos eléctricos que han implementado la electrónica de potencia en muchos componentes generando un comportamiento no lineal frente al consumo³.

Si esas perturbaciones no son controladas traerá consecuencias a corto, mediano y largo plazo. Por ejemplo, el sobrecalentamiento en equipos reduce la vida útil de las maquinas, va a existir un incremento de costos por mantenimiento y reparación. Pero sobre todo quejas del usuario, reflejadas en la pérdida de confianza y lealtad de los clientes. Otras consecuencias pueden ser el daño en sistemas de control, lecturas erróneas, sanciones por parte de la CREG y disparo inapropiado de protecciones.

2 ASTUDILLO, L. VÁSQUEZ, A y ROJAS, J. Implementación de un filtro pasivo para compensación armónica y corrección del factor de potencia. UFPS, San José de Cúcuta: Científica, 2015. vol. 20, núm. 1. ISSN 1665-0654.

3 SANTANA, Josué Damián y ZAMBRANO, Jonathan. estudio y análisis de calidad de la energía del cuarto eléctrico servicios generales Holcim planta Guayaquil. Tesis Previa Ingeniero Eléctrico. Guayaquil.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Facultad de ingeniería eléctrica, 2013, p. 36.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Realizar un análisis causa raíz de los eventos de calidad de la energía presentes en el patio 34,5 kV de la subestación San Mateo de Centrales Eléctricas de Norte de Santander.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✚ Determinar las características de los eventos de calidad de la energía presentes en el patio 34,5 KV de la subestación San Mateo.
- ✚ Establecer mediante diagramas las posibles causas proximales y causas subyacentes de los eventos presentados.
- ✚ Determinar la causa raíz de los eventos de calidad de la energía de mayor frecuencia.
- ✚ Evaluar una posible solución para la problemática determinada, con el fin de presentar una propuesta de implementación para mejorar la calidad de la energía.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación cuenta con una justificación practica porque ayuda en la medida a prevenir los problemas que se están presentando en el patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo. por lo tanto, este análisis se realizará para conocer qué tipos de fenómenos no cumplen con los limites exigidos y así recomendar soluciones efectivas que ayudaran a tener un suministro de energía de mayor calidad.

De igual manera presenta una justificación económica puesto que colabora con el ahorro energético disminuyendo las pérdidas en equipos y en líneas de distribución de energía. De igual forma evitaría gastos económicos por mantenimiento y reparación de los equipos. Al mismo tiempo evita que los usuarios estén pagando por demás y no de acuerdo con su recibo.

Además de una justificación investigativa puesto que los resultados de este análisis darán pie a que se continúen los estudios en esta rama de la ingeniería eléctrica y quizá se puedan estudiar otros tipos de fenómenos que acá no se van a considerar por algunas limitaciones que se pueden presentar durante el análisis o adquisición de datos de los analizadores de red.

También cuenta con una justificación legal en cuanto a que la calidad de la energía eléctrica o calidad de la potencia eléctrica (CPE) en Colombia es regulada por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Además, fue necesario fundamentar en la normativa internacional como los fueron normas IEEE e IEC.

El aporte que se va a realizar es una determinación real de los fenómenos de calidad de la energía para establecer un análisis causa raíz que nos permitirá descubrir el evento indeseable y como modo de sugerencia al OR se harán recomendaciones para mitigar los eventos que provocan una mala calidad de la energía eléctrica y así garantizar una calidad del producto en óptimas condiciones.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Este análisis tiene un alcance social ya que para alcanzar los objetivos y responder a las hipótesis se necesita realizar una adquisición de datos, los cuales son suministrados por los operarios del centro de control de CENS S.A E.S.P. mediante el Software de operación SCADA y la base de datos obtenida por el Software Structure Ware Power MONITOR (ION Report).

Así mismo cuenta con un alcance geográfico o espacial ya que se va a considerar únicamente el patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo de la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander de la ciudad de Cúcuta.

En cuanto al alcance temporal este se refiere a que se realizará el presente estudio en el periodo de práctica. Es decir, en los meses de enero a mayo del año 2021.

Este estudio tiene limitaciones en cuanto a la toma de datos ya que se ha circunscrito a una cantidad determinada de registros. Para el desarrollo de este análisis se utilizarán registros semanales e históricos del año 2020. Así mismo, hay limitaciones en cuanto a las perturbaciones eléctricas, puesto que solo se van a considerar aquellos eventos que sean medibles por los analizadores de red que actualmente tienen instalados la empresa.

Por otro lado, es necesario mencionar que debido a las restricciones impartidas por el Gobierno Nacional en virtud de la emergencia sanitaria y en atención al estado de Alerta Roja Hospitalaria en Norte de Santander, debido al incremento de casos por Covid-19, la realización de esta práctica se hará en una modalidad virtual. Lo que limitaría el proceso para gestionar los datos ya que muchos de los trabajadores de CENS se encuentran en esta modalidad.

1.5 ASPECTOS O CONSIDERACIONES ÉTICAS

En el presente estudio se adoptarán las medidas de seguridad, de confidencialidad y de no cesión en relación con los datos a los cuales se accederán. Además de respetar las cláusulas de confidencialidad y de divulgación de datos de la empresa solo para fines académicos.

Este estudio respetara las normas éticas sobre la confidencialidad de datos de las personas que hicieron posible el desarrollo del presente proyecto. La realización de esta investigación es original y se evitará todo tipo de plagio, citando a cada autor del que se ha recogido su estudio, para ello se aplicará las normas INCONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación).

1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO

Este es un estudio viable en la medida que la empresa permite las autorizaciones respectivas para acceder y adquirir los datos necesarios para realizar el análisis de cada uno de los fenómenos de calidad de la energía. Se cumplió satisfactoriamente los objetivos planteados entregando los resultados esperados. Las conclusiones de esta investigación hacen posible proponer una serie de métodos que ayudaran a mitigar el fenómeno que se presenta con mayor frecuencia.

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes nacionales

En este artículo científico, titulado: implementación de un filtro pasivo para compensación armónica y corrección del factor de potencia. Previamente a la publicación de este artículo se realizó un análisis del contenido armónico presente en un punto de la subestación Sevilla, en la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander en Colombia, donde mencionaron que el nivel de distorsión armónica excedía los límites establecidos por la CREG. Por lo tanto, el objetivo general de este estudio fue realizar un análisis, diseño y selección de un sistema encargado de mejorar la calidad de la potencia del servicio de distribución de energía. La metodología empleada fue la recolección de registros de los niveles de armónicos presentes en cada una de las fases del punto de medida; se utilizó como muestra el mayor nivel de THDV y con base en este, se modeló el espectro armónico para que los datos fueran lo más aproximado a los de la realidad. El resultado de esta investigación concluye en la implementación de filtros pasivos para disminuir la distorsión armónica, también indican que fue posible la inclusión de un banco de capacitores para mejorar notoriamente el factor de potencia.²

En esta tesis, titulada: metodología de medición de calidad de energía eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la universidad de la costa – cuc desarrollada en la ciudad de Barranquilla - Colombia. El objetivo general del estudio fue establecer un procedimiento para la medición de calidad de energía eléctrica que permita la estandarización de estas actividades con base a normas nacionales e internacionales para la Universidad de la Costa – CUC. La muestra estuvo constituida por las perturbaciones que generan distorsión a las señales de potencia eléctrica, los instrumentos que se utilizaron fueron un analizador de redes para la adquisición de los parámetros, en base a esto se propuso una metodología y procedimiento para la medición de estos eventos y los resultados obtenidos han sido la implementación de una serie de formatos de inspección e informes prácticos para que los estudiantes de ingeniería eléctrica y docentes desarrollen sus destrezas entorno al manejo, monitoreo y medición de calidad de la energía eléctrica.⁴

2 ASTUDILLO, L; VÁSQUEZ, A y ROJAS, J. Implementación de un filtro pasivo para compensación armónica y corrección del factor de potencia. UFPS, San José de Cúcuta: Científica, 2015. vol. 20, núm. 1. ISSN 1665-0654.

4 CERVANTES, Oscar Mauricio. Metodología de medición de calidad de energía eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la universidad de la costa – cuc. Trabajo de grado Ingeniero eléctrico. Barranquilla: Universidad de la Costa CUC. Facultad de ingenierías. 2014. 102p.

En esta tesis, titulada: Análisis causa raíz de los eventos de calidad de energía eléctrica en el patio de 34,5 kV de la subestación ínsula CENS S.A. E.S.P. desarrollada en la ciudad de Cúcuta – Colombia. El objetivo general de este estudio fue realizar un análisis causa raíz para los eventos de calidad de la energía en el patio de 34,5 KV de la Subestación Ínsula acordes a la medición establecida en la CREG 016 del 2007. La muestra estuvo constituida por los registros suministrados por el operador de red los cuales son obtenidos de los analizadores de red ION 7650. La metodología empleada fue un análisis causa raíz, utilizada para la solución efectiva de problemas a través de la deducción, verificación e investigación de los incidentes. Los instrumentos utilizados fueron los medidores de calidad de la energía ION 7650 y el software Structure Ware Power MONITOR (ION Report) y los resultados obtenidos han sido la presencia de depresiones de voltaje (Sag) presentándose 317 veces en el patio 34,5 kV de Ínsula, donde se establecieron como causas probables las fallas eléctricas y la maniobra por usuarios.⁵

2.1.2 Antecedentes internacionales

El desarrollo de este trabajo de titulación, titulado: Estudio y análisis de la calidad de la energía eléctrica de un banco de transformadores en media tensión en la empresa Hidalgo & Hidalgo en la ciudad de Guayaquil – Ecuador. El objetivo general de este estudio fue realizar el análisis de la calidad de la energía eléctrica entregada por un banco de transformadores en media tensión a la empresa Hidalgo e Hidalgo S.A. La metodología empleada para el desarrollo de la investigación se basó en un estudio de antecedentes registrados por otros investigadores, seguidamente se realizó la investigación de campo recopilando la información sin alterar las condiciones existentes y por último se empleó el método analítico para llegar a un resultado mediante la desagregación de un evento. Con este diagnóstico de calidad de la energía se pretende determinar el origen de fallas eléctricas, ahorro energético, por ende, lograr mayor rendimiento de la producción de la empresa. Después de realizar el análisis se detectó que el problema de averías en los equipos eléctricos no era debido al suministro eléctrico (calidad de la energía) en la empresa, sino que se recomienda un buen programa estructurado de mantenimiento predictivo y correctivo.⁶

5 MOJICA, Juan Andrés. Análisis causa raíz de los eventos de calidad de energía eléctrica en el patio de 34,5 kV de la subestación Ínsula CENS S.A. E.S.P. Trabajo de grado Ingeniero Eléctrico. Pamplona – Colombia. Universidad de Pamplona. Facultad de ingeniería y arquitectura. 2020. 113p.

6 AMAGUAYA, Adriano y ALCÍVAR, Wilson. Estudio y análisis de la calidad de la energía eléctrica de un banco de transformadores en media tensión a la empresa Hidalgo & Hidalgo en la ciudad de Guayaquil. Trabajo de Titulación Ingeniero Eléctrico-Mecánica. Guayaquil.: Universidad Católica De Santiago De Guayaquil. facultad de educación técnica para el desarrollo,2019. 71 p.

En esta tesis, titulada: Análisis de calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa agrícola pampa baja sac olmos - tierras nuevas desarrollada en la ciudad de Lambayeque – Perú. El objetivo general de esta investigación es evaluar la calidad de energía eléctrica en la Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas la muestra estuvo constituida por 7 subestaciones eléctricas de distribución, ubicadas en distintos puntos de las instalaciones de la empresa el diseño que se utilizó para la investigación fue la investigación explicativa, investigación aplicada y la investigación descriptiva. Los instrumentos que se usaron fueron un analizador de redes para la adquisición de datos en cuanto al análisis hicieron uso del software WinPQ y los resultados obtenidos fueron que las 7 subestaciones analizadas presentaron problemas de calidad de la energía, por lo tanto, la empresa tiene que tomar medidas correctivas a corto plazo para suministrar un servicio de mayor calidad.⁷

En esta tesis, titulada: Análisis de los indicadores eléctricos para mejorar la calidad de la energía eléctrica en la factoría servicios industriales AYBAR desarrollada en la ciudad de Cajamarca – Perú. El objetivo general de este estudio fue realizar un análisis de los indicadores eléctricos para posibilitar la mejora de la calidad de la energía eléctrica en la Factoría Servicios Industriales Aybar Cajamarca. La muestra estuvo constituida por 22 equipos eléctricos de la industria, el diseño que se utilizó fue un enfoque de investigación cuantitativo, ya que se utilizara la recolección de datos en base a mediciones numéricas. Como instrumento de medición se utilizó una ficha de recolección de datos y los resultados obtenidos han sido la presencia de sobretensiones y subtensiones, la frecuencia presenta una tolerancia del 0.5% fuera de los límites establecidos, así mismo presenta un 5.7% de distorsión armónica de voltaje como recomendación para mejorar la calidad de la energía se recomendó instalar un banco de capacitores de 20 KVAR con reactancias anti resonantes.⁸

7 MUÑOZ, José Alexander. Análisis de calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa agrícola pampa baja sac olmos - tierras nuevas. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Electricista. Lambayeque-Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2019. 106p.

8 CAMPOS, Mario Segundo. Análisis de los indicadores eléctricos para mejorar la calidad de la energía eléctrica en la factoría servicios industriales AYBAR. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Electricista. Cajamarca-Perú. Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería, 2017. 142p.

2.2 IMPORTANCIA DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

En la actualidad, la calidad de la energía tiene mucha importancia debido a que muchas empresas buscan un aumento en productividad y competitividad, motivo por el cual los operadores de red están obligados a entregar un servicio de calidad. Un suministro de electricidad libre de perturbaciones o una buena calidad de energía es fundamental para un correcto funcionamiento de los equipos eléctricos y/o electrónicos. Estas perturbaciones son las encargadas de contaminar las líneas de distribución con eventos tales como picos, ruidos, sobrecargas y altibajos de tensión, entre otros. Muchos de estos problemas son generados por las instalaciones de los usuarios sean residenciales, comerciales o industriales. Estos problemas, al principio no se les daba la respectiva importancia ya que eran imperceptibles; pero a medida que fue avanzando la tecnología los equipos eran cada vez más sensibles a estas perturbaciones presentando problemas como pérdida de información, paradas de procesos industriales que impactan negativamente en la productividad de la empresa, en los costos de operación y mantenimiento, y primordialmente en una pérdida de confianza y lealtad de los clientes⁹.

Estas perturbaciones eléctricas se definen en términos de la magnitud y duración, variando desde microsegundos hasta cortes en el servicio eléctrico que se prolongan por horas. La presencia de estas perturbaciones en la red de distribución hace que el suministro eléctrico supere los límites de operación y que los equipos instalados funcionen de forma incorrecta o incluso se dañen. Por tanto, para evitar estos dolores de cabeza es recomendable realizar un buen estudio y análisis de calidad de la energía en tu planta para identificar donde está el problema y con ello tomar la decisión correcta.⁹

2.3 CONCEPTOS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA

El concepto de calidad de la energía engloba un gran número de definiciones que de alguna u otra manera resultan indeterminadas. Por ejemplo, el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) ha abordado este problema, desarrollando un estándar que describe muchos problemas de calidad de la energía eléctrica. El estándar IEEE Std 1159TM-2009 define “El término calidad de la energía se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan el voltaje y la corriente en un momento dado y en una ubicación determinada del sistema de energía”.¹⁰

9 QUISPE, Alan Gabriel. Análisis de la calidad de energía eléctrica en sistemas de distribución de baja tensión - salida i s.e. Bellavista. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Electricista. Puno – Perú. Universidad Nacional del Altiplano, 2018, p. 32.

10 Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 3.

En otra definición, manifiestan que la calidad de la energía se puede definir como “una ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones por armónicas producidas en la red y variaciones de voltaje rms suministrado al usuario; esto concierne a la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico”.¹¹

De la misma manera, puede haber definiciones completamente diferentes para la calidad de la energía. Por ejemplo, en este libro argumentan que la calidad de la energía es un problema impulsado por el consumidor. Por lo tanto, se plantea la siguiente definición de problema de calidad de la energía: “Cualquier problema de energía manifestado en desviaciones de voltaje, corriente o frecuencia que resulten en fallas o mal funcionamiento del equipo del cliente”.¹²

2.3.1 Origen de una mala calidad de energía

La mala calidad de la energía eléctrica puede tener dos orígenes: En primer lugar, en la acometida de la red eléctrica que alimenta la instalación, la cual puede generar mala calidad por deficiencias en el suministro de electricidad. Estas deficiencias se deben principalmente a factores exógenos (externas al SEP), como las descargas atmosféricas, los cortocircuitos y la salida repentina de grandes cargas.

En segundo lugar, los orígenes de la mala calidad de la energía se deben a la propia instalación. Debido al avance tecnológico que ha incorporado la electrónica de potencia en productos modernos como (computadoras, variadores de frecuencia, UPS, balastos electrónicos, entre otros) estos componentes tienen un comportamiento no lineal frente al consumo. Por lo tanto, estos dispositivos requieren de una energía más eficiente y modulada la cual se caracteriza por no tener una forma de onda sinusoidal. Lo que significa que estos equipos necesitan de módulos electrónicos sofisticados que se encargan de convertir la corriente alterna a corriente directa. Gran parte de la energía se pierde al pasar por estos dispositivos antes de ser aprovechada por el equipo. No obstante, provocan efectos secundarios como corrientes no sinusoidales y consumos no lineales que ocasionan la mala calidad de energía.³

11 Enríquez Harper, G. El ABC de la calidad de la Energía Eléctrica. México.: Limusa Noriega Editores, 2004, p. 20.

12 DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. Electrical Power Systems Quality. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 3.

3 SANTANA, Josué Damián y ZAMBRANO, Jonathan. estudio y análisis de calidad de la energía del cuarto eléctrico servicios generales Holcim planta Guayaquil. Tesis Previa Ingeniero Eléctrico. Guayaquil.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Facultad de ingeniería eléctrica, 2013, p. 36.

2.3.2 Efectos de una mala calidad de energía

Una mala calidad de energía provoca efectos primarios y secundarios en equipos eléctricos y electrónicos algunos efectos posibles son:

Las fallas en maquinaria rotativa, en conductores y en transformadores producen principalmente un sobrecalentamiento reduciendo la vida útil de estos equipos. Muchas de las veces los sobrecalentamientos se deben a corrientes armónicas presentes en los conductores lo que incrementa las pérdidas en el equipo y en el sistema eléctrico de potencia.

Otro ejemplo, son las pérdidas en la producción afectando directamente al producto terminado y a los clientes. Además, puede haber efectos secundarios como los costos por mantenimiento y los costos de reparación. Los componentes eléctricos y electrónicos sufren efectos debido a una mala calidad de energía. Un ejemplo, puede ser un disparo inapropiado de protecciones, otro efecto puede ser el daño en sistemas de control y lecturas erróneas de energía.³

2.3.3 Comparación entre buena y mala calidad de energía

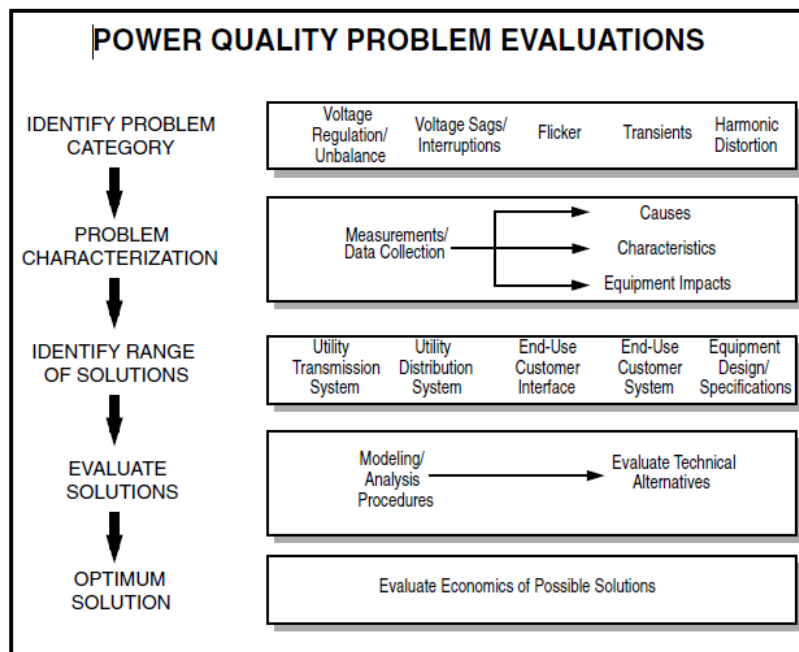
La comparación entre una buena o mala calidad de energía nace a partir de un diagnóstico del sistema. El uso de los analizadores de red es importante ya que estos equipos nos permiten grabar la señal y capturar todos los parámetros que se requieren para diferir de una buena o mala calidad en el servicio de energía. La ardua labor que se ha venido desempeñando día a día para diferenciar una buena calidad de la mala ha traído consigo nuevas herramientas y trucos a los que se deben recurrir para lograr una mejor calidad en el suministro eléctrico. Para esto, se han creado estándares, guías, normas con el fin de orientar a principiantes y expertos sobre las buenas prácticas que faciliten el trabajo, y a su vez les ayuden a obtener buenos resultados. La comparación nos permite identificar muchos factores y nos abre la visión para tener más claro ciertos parámetros desde los cuales medimos lo que hacemos, lo que podríamos hacer y si estamos en condiciones de hacerlo. Al realizar una comparación nos podemos dar cuenta si el análisis y las posibles soluciones para mitigar estos fenómenos si han funcionado. Por otra parte, al comparar los parámetros previamente obtenidos con los del análisis realizado podremos saber en qué han fallado y así evitar cometer los mismos errores cuando se implementen nuevos procesos o acciones dentro de la instalación.³

3 SANTANA, Josué Damián y ZAMBRANO, Jonathan. estudio y análisis de calidad de la energía del cuarto eléctrico servicios generales Holcim planta Guayaquil. Tesis Previa Ingeniero Eléctrico. Guayaquil.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Facultad de ingeniería eléctrica,2013, p. 35-37.

2.4 PROCESO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE ENERGÍA

La calidad de la energía abarca una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que pueden tener múltiples causas y diferentes soluciones que se pueden utilizar para mejorar la calidad del producto suministrado. Sin embargo, para determinar las causas contribuyentes es necesario realizar una serie de pasos generales para la investigación de muchos de estos problemas, especialmente si los pasos pueden involucrar una fluctuación entre el usuario y el operador de red. La figura 1 muestra de manera general algunos pasos claves para realizar una investigación en términos de calidad de la energía.¹²

Figura 1. Procedimiento básico para la evaluación de calidad de la energía eléctrica



Fuente. *Electrical Power System Quality*.¹²

El procedimiento general nos proporciona una base de información técnica que permite caracterizar el problema para identificar las posibles soluciones desde el suministro hasta el equipo final afectado. Estas soluciones dependerán del tipo de problema, el número de usuarios finales afectados y las posibles soluciones. Los procedimientos que se describen aquí serán evaluados en el desarrollo del proyecto para cada tipo de fenómeno que se presente en el patio 34,5 kV de la subestación San Mateo.

¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. *Electrical Power Systems Quality*. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 8.

2.5 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los fenómenos electromagnéticos también conocidos como perturbaciones eléctricas o eventos de calidad de la energía, estos problemas son muy variados y tienen múltiples causas. La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) clasifica los mismos fenómenos mencionados por la IEEE, pero con diferente terminología ver Tabla 1. Para el desarrollo de esta investigación se hará uso de los fenómenos clasificados por El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

Tabla 1. Fenómenos principales que originan disturbios electromagnéticos. Clasificación de la IEC

Grupo	Ejemplo
Fenómenos conducidos de baja frecuencia	Armónicas, Interarmónicas
	Sistemas de señalización (Onda portadora por línea de alta tensión)
	Fluctuaciones de voltaje
	Depresiones e interrupciones de voltaje
	Desbalance de voltaje
	Variaciones de la frecuencia
	Voltajes inducidos de baja frecuencia
	Corriente directa en redes de alterna
Fenómenos radiados de baja frecuencia	Campos magnéticos
	Campos eléctricos
Fenómenos conducidos de alta frecuencia	Voltajes o corrientes inducidos de onda continua (CW)
	Transitorios unidireccionales
	Transitorios oscilatorios
Fenómenos radiados de alta frecuencia	Campos magnéticos
	Campos eléctricos
	Campos electromagnéticos
	Ondas continuas
	Transitorios
Fenómenos de descarga electrostática (ESD)	--
Pulso electromagnético nuclear (NEMP)	--

Fuente: standard IEEE Std 1159.¹⁰

La tabla 2 muestra la categorización de los fenómenos electromagnéticos usada por la norma IEEE Std 1159. Los fenómenos nombrados en esta tabla muestran el contenido espectral típico, la duración y la magnitud. Estas categorías son muy importantes para clasificar los resultados de las mediciones y describir los fenómenos electromagnéticos que causan problemas de calidad de la energía.¹⁰

¹⁰ Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 4.

Tabla 2. Categorías y características típicas de los fenómenos electromagnéticos del sistema de potencia

Categories	Typical spectral content	Typical duration	Typical voltage magnitude
1.0 Transients			
1.1 Impulsive			
1.1.1Nanosecond	5 ns rise	< 50 ns	
1.1.2Microsecond	1 μ s rise	50 ns – 1 ms	
1.1.3Millisecond	0.1 ms rise	> 1 ms	
1.2 Oscillatory			
1.2.1Low frequency	< 5 kHz	0.3–50 ms	0–4 pu ^a
1.2.2Medium frequency	5–500 kHz	20 μ s	0–8 pu
1.2.3High frequency	0.5–5 MHz	5 μ s	0–4 pu
2.0 Short-duration root-mean-square (rms) variations			
2.1 Instantaneous			
2.1.1Sag		0.5–30 cycles	0.1–0.9 pu
2.1.2Swell		0.5–30 cycles	1.1–1.8 pu
2.2 Momentary			
2.2.1Interruption		0.5 cycles – 3 s	< 0.1 pu
2.2.2Sag		30 cycles – 3 s	0.1–0.9 pu
2.2.3Swell		30 cycles – 3 s	1.1–1.4 pu
2.3 Temporary			
2.3.1Interruption		>3 s – 1 min	< 0.1 pu
2.3.2Sag		>3 s – 1 min	0.1–0.9 pu
2.3.3Swell		>3 s – 1 min	1.1–1.2 pu
3.0 Long duration rms variations			
3.1 Interruption, sustained		> 1 min	0.0 pu
3.2 Undervoltage		> 1 min	0.8–0.9 pu
3.3 Overvoltage		> 1 min	1.1–1.2 pu
3.4 Current overload		> 1 min	
4.0 Imbalance			
4.1 Voltage		steady state	0.5–2%
4.2 Current		steady state	1.0–30%
5.0 Waveform distortion			
5.1 DC offset		steady state	0–0.1%
5.2 Harmonics	0–9 kHz	steady state	0–20%
5.3 Interarmónicas	0–9 kHz	steady state	0–2%
5.4 Notching		steady state	
5.5 Noise	broadband	steady state	0–1%
6.0 Voltage fluctuations	< 25 Hz	intermittent	0.1–7% 0.2–2 Pst ^b
7.0 Power frequency variations		< 10 s	\pm 0.10 Hz

NOTE—These terms and categories apply to power quality measurements and are not to be confused with similar terms defined in IEEE Std 1366™-2003 [B27] and other reliability-related standards, recommended practices, and guides.

Fuente: standard IEEE Std 1159.¹⁰

¹⁰ Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 6

2.6 TRANSITORIOS

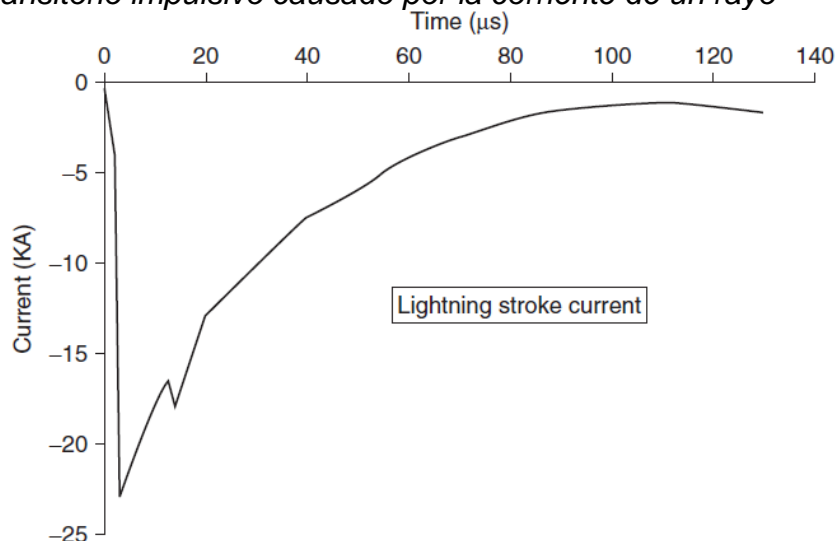
La definición de transitorio no es precisa, debido a la gran variedad de interpretaciones. Sin embargo, en términos de calidad de la energía los transitorios se definen como perturbaciones eléctricas que se presentan en la forma de onda del voltaje y la corriente. Los transitorios se caracterizan por su corta duración hasta en milisegundos y por su presencia en frecuencias anormales (kHz – MHz).

Los transitorios se dividen en dos categorías:

2.6.1 Impulsivos

Un transitorio impulsivo es un cambio repentino en el valor de la frecuencia en un estado estable de operación de la onda de voltaje o corriente. Los transitorios impulsivos se presenta de manera unidireccional con polaridad (positiva o negativa) y se caracterizan dependiendo del tiempo de subida y bajada. Por ejemplo, un transitorio impulsivo con una magnitud de 2000 volts y una duración de 1,2/50, significa que aumenta de cero a su valor pico en 1,2 microsegundos y luego decae a la mitad de su valor pico en 50 microsegundos. Una de las fuentes principales de los transitorios impulsivos son las descargas atmosféricas y las maniobras en interruptores¹². En la figura 2 se ilustra un transitorio impulsivo de corriente causado por una descarga atmosférica

Figura 2. Transitorio impulsivo causado por la corriente de un rayo



Fuente: *Electrical Power System Quality*.¹²

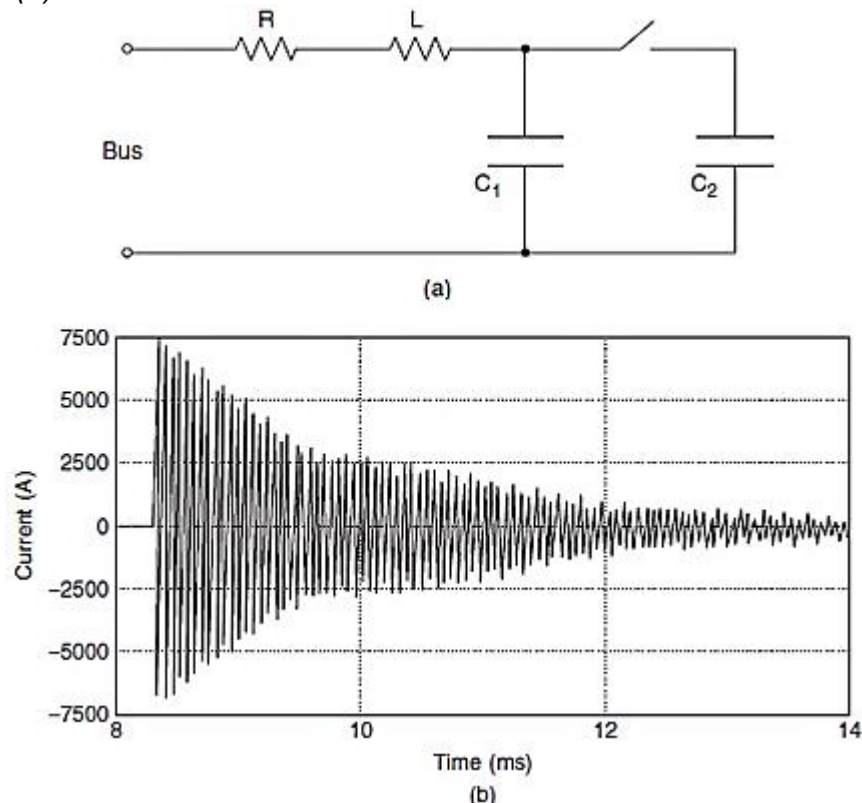
12 DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. *Electrical Power Systems Quality*. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 19.

2.6.2 Oscilatorios

Un transitorio oscilatorio es un cambio repentino en el valor de la frecuencia de una onda sinusoidal de voltaje o corriente. Los transitorios oscilatorios se presentan de manera bidireccional tomando valores tanto positivos como negativos y se describen por su contenido espectral, duración y magnitud. En la [Tabla_2](#) se ilustran las subclases de frecuencia baja, media y alta.

En la Figura 3 (a) se muestra un circuito capaz de simular un transitorio oscilatorio. Que está compuesto por un Bus de alimentación, la inductancia de la línea y un banco de condensadores. Si en algún momento se realiza un cambio de capacitor mediante el interruptor, se establece una condición de resonancia entre la inductancia de línea y los bancos de capacitores. La resonancia resultante estará subamortiguada y la corriente en el banco de capacitores puede parecerse a la de la Figura 3 (b).¹³

Figura 3. Transitorio Oscilatorio (a) circuito capaz de producir un transitorio oscilatorio. (b) transitorio oscilatorio de corriente.

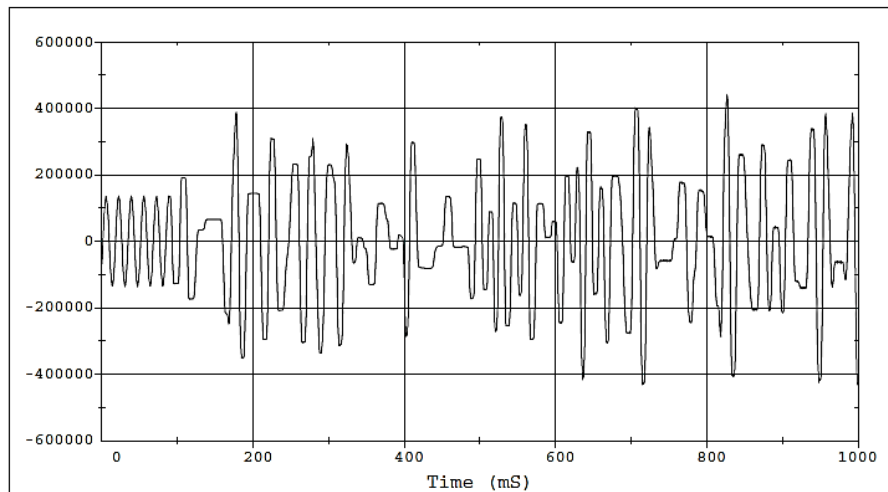


Fuente: Power Quality in Electrical Systems.¹²

¹³ KUSKO, Alexander y THOMPSON, Marc. Power Quality in Electrical Systems. USA, McGraw-Hill, 2007, p. 33.

Los transitorios oscilatorios también se puede dar a frecuencias inferiores a 300 Hz. Estos generalmente se pueden encontrar en las líneas de distribución y se asocian a la ferorrresonancia y la energización de un transformador ver Figura 4.¹⁰

Figura 4. Transitorio oscilatorio de baja frecuencia causado por ferorrresonancia de un transformador



Fuente: standard IEEE Std 1159.¹⁰

2.6.2.1 Causas de los transitorios

A continuación, se presentan algunas de las fuentes o causas de disturbios para los problemas de calidad de la energía:¹⁴

- ✚ Descargas atmosféricas
- ✚ Descargas electrostáticas
- ✚ Switches de cargas
- ✚ Switcheo de bancos de capacitores
- ✚ Fallas remotas en el sistema
- ✚ Energización de transformadores
- ✚ ferorrresonancia

¹⁰ Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 10.

¹⁴ SÁNCHEZ, M. A. Calidad de la Energía Eléctrica. México.: Instituto Tecnológico de Puebla DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, 2009, p. 56.

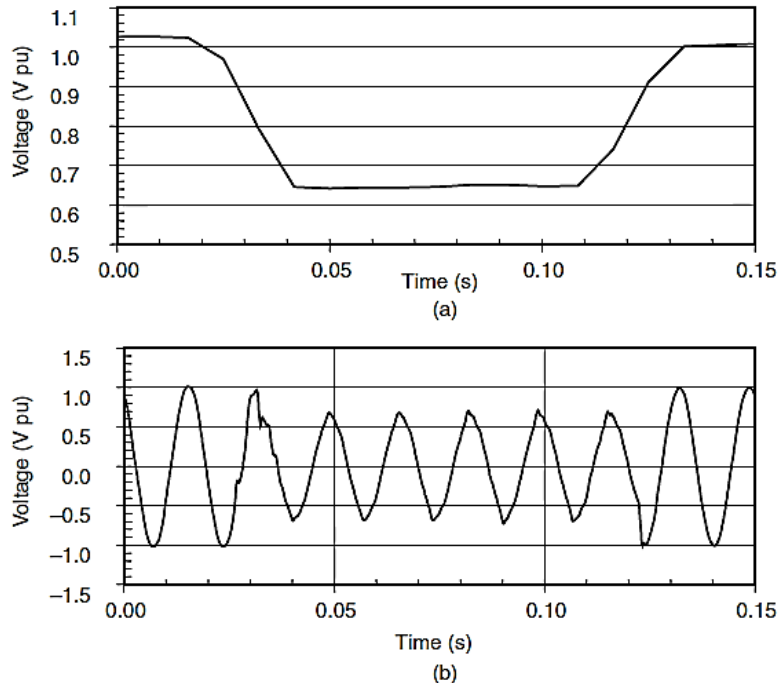
2.7 VARIACIONES DEL VALOR RMS

El estándar IEEE 1159 abarca las variaciones de corta duración en tres subcategorías, cada tipo de variación se puede designar como instantánea, momentánea o temporal Ver [Tabla 2](#). Dependiendo de la ubicación de la falla y las condiciones del sistema, la falla puede causar caídas de voltaje temporales (Sag), aumentos de voltaje (Swell) o una pérdida completa de voltaje (interrupciones). La condición de falla puede estar cerca o alejada del punto de interés.¹²

2.7.1 Sag

Un Sag también conocido como hundimiento, depresión o Dip. Es una disminución en el valor rms de la onda sinusoidal de voltaje o corriente entre 0,1 pu y 0,9 pu con una duración de 0,5 ciclos a 1 min. En la Figura 5 se muestra una caída de voltaje asociada a una falla línea-tierra. Donde existe un hundimiento del 80 % durante aproximadamente 3 ciclos hasta que el interruptor de la subestación puede interrumpir la corriente de falla.¹²

Figura 5. Caída de voltaje causada por una falla SLG. (a) Forma de onda RMS para evento de caída de voltaje. (b) Forma de onda de caída de voltaje.

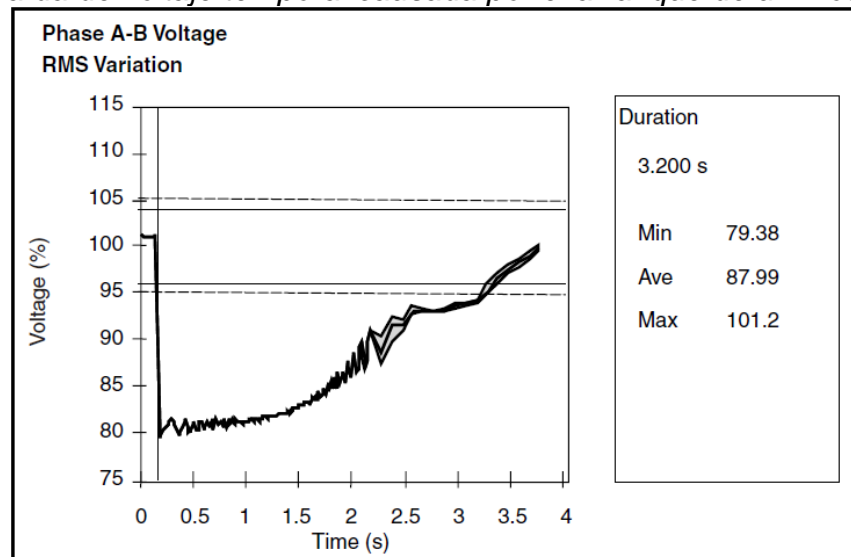


Fuente: Electrical Power System Quality.¹²

¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. Electrical Power Systems Quality. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 21.

En la Figura 6 se ilustra un Sag debido al arranque de un motor grande. Como sabemos los motores de inducción consumen de 6 a 10 veces la corriente a plena carga durante el arranque. Este caso, el voltaje cae inmediatamente al 80 % y luego regresa gradualmente a la normalidad en aproximadamente 3 s.¹²

Figura 6. Caída de voltaje temporal causada por el arranque de un motor



Fuente: *Electrical Power System Quality*.¹²

2.7.1.1 Causas de los Sag

A continuación, se presentan algunas causas o fuentes de las depresiones de voltaje Sag:

- ✚ Arranque de motores de gran tamaño
- ✚ Fallas en el sistema
- ✚ Conexión o activación de carga grandes

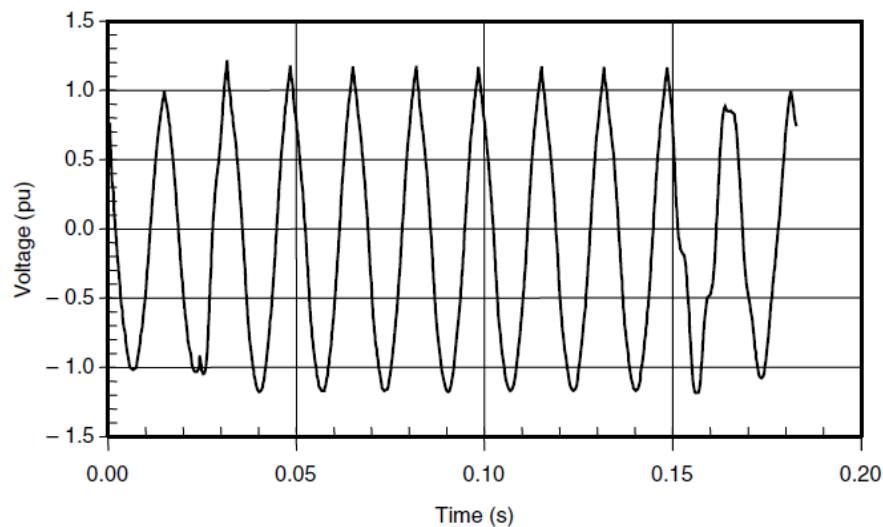
¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. *Electrical Power Systems Quality*. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 21.

2.7.2 Swell

Un Swell es un aumento en el valor rms de la onda de voltaje o corriente entre 1,1 pu y 1,8 pu con una duración de 0,5 ciclos a 1 min. Al igual que las depresiones de voltaje suelen asociarse a condiciones de falla del sistema.

En la Figura 7 se ilustra un aumento temporal en el voltaje. Durante una falla línea a tierra, puede ocurrir una elevación temporal del voltaje en las fases no falladas especialmente cierto en sistemas no puestos a tierra.¹²

Figura 7. Aumento de voltaje instantáneo causado por una falla línea-tierra.



Fuente: *Electrical Power System Quality*.¹²

2.7.2.1 Causas de los Swell

- ✚ Desconexión o apagado de cargas grandes
- ✚ Energización de un banco de capacitores grande
- ✚ Fallas remotas en el sistema
- ✚ Falla monofásica a tierra L-T.

¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. *Electrical Power Systems Quality*. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 23.

2.7.3 Sobrevoltajes

Tal como lo indica la [Tabla 2](#) un sobrevoltaje es un aumento en el valor rms de la onda de tensión o corriente con magnitud superior a 1,1-1,2 con una duración mayor a 1 min. Estas sobretensiones se deben a la desconexión de cargas grandes o conectar un banco de condensadores, otra causa de las sobretensiones es la configuración incorrecta de los taps de los transformadores.¹⁰

2.7.4 Bajos voltajes

Un bajo voltaje o subtensión es una variación de larga duración y se caracteriza por ser una disminución en el valor rms de la onda de tensión o corriente con magnitud inferior a 0,8-0,9 pu y una duración mayor a 1 min. Estas subtensiones se deben a la conexión de cargas grandes o cuando se apaga un banco de condensadores.¹⁰

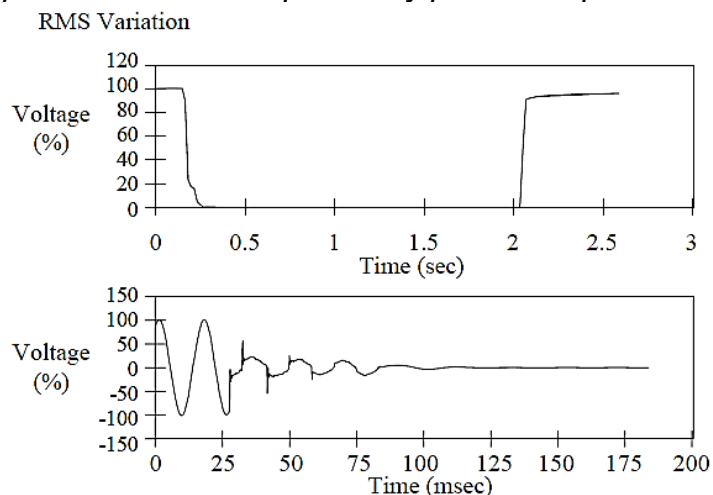
2.7.5 Interrupciones

El estándar IEEE 1159 divide las interrupciones en dos categorías, las cuales son:

✚ Interrupciones de corta duración

Una interrupción de corta duración se caracteriza por presentarse de forma momentánea o temporal cuando el voltaje o la corriente disminuye a un valor menor a 0,1 pu durante un periodo de tiempo entre 0,5 ciclos a 1 min.¹⁰

Figura 8. Interrupción momentánea por falla y posterior operación del reconectador



Fuente: standard IEEE Std 1159.¹⁰

¹⁰ Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 11.

✚ Interrupciones de larga duración.

Las interrupciones de larga duración o interrupciones sostenidas se caracterizan por presentar una disminución en el valor rms de la onda de tensión o corriente a menos del 10% (0,1 pu) del valor nominal durante un período de tiempo superior a 1 min. Este tipo de perturbación suelen ser de naturaleza permanente y requieren una intervención manual para su restauración. Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema de energía, fallas en el equipo y fallas de control.¹⁰

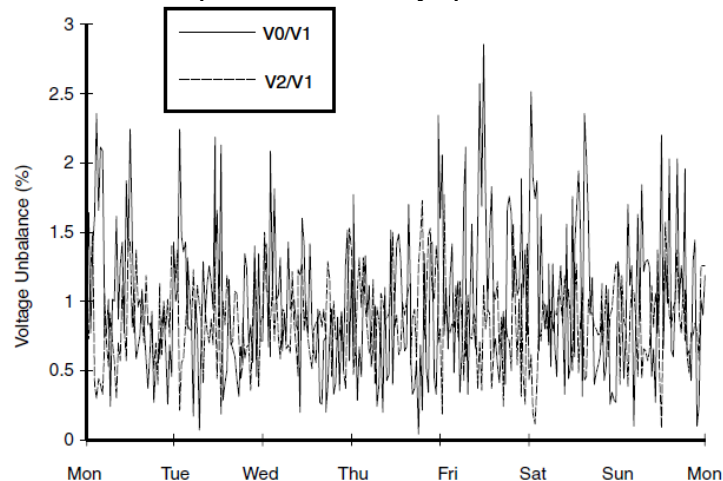
2.8 DESBALANCE DE VOLTAJE

“El desequilibrio en un sistema trifásico se define como la relación entre la magnitud del componente de secuencia negativa y la magnitud del componente de secuencia positiva, expresada como porcentaje”¹⁰. Matemáticamente, el desequilibrio de voltaje está representado por la Ecuación (1).

$$\%Imbalance = \frac{|V_{neg}|}{|V_{pos}|} \times 100\% \quad (1)$$

Otra definición basada en la ANSI C84.1-2006, “define el desbalance como la relación de la máxima desviación del promedio de los voltajes o de las corrientes trifásicas, dividida por el promedio de los voltajes o de las corrientes trifásicas y expresado en por ciento”.¹⁰

Figura 9. Tendencia de desequilibrio de voltaje para un alimentador residencial



Fuente: *Electrical Power System Quality*¹²

10 Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 15.

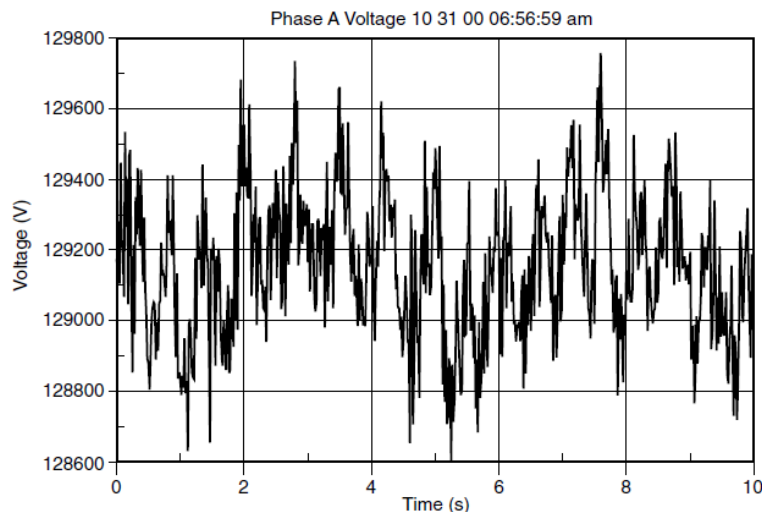
12 DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. Electrical Power Systems Quality. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 25.

2.9 FLUCTUACIÓN DE VOLTAJE (FLICKER)

Las fluctuaciones de voltaje conocidas como flicker son variaciones sistemáticas de la onda de voltaje, cuya magnitud normalmente no excede los rangos de voltaje especificados por ANSI C84.1 de 0.9 a 1.1 pu. La fluctuación de voltaje es un fenómeno electromagnético, mientras que el parpadeo es el efecto indeseable en algunas cargas. El termino parpadeo se puede apreciar en las fluctuaciones de voltaje en las lámparas, de manera que el ojo humano las percibe como parpadeando.¹²

En la figura 10 se muestra un ejemplo de una onda de voltaje que produce parpadeo causado por un horno de arco.

Figura 10. Fluctuaciones de voltaje causadas por el funcionamiento del horno de arco



*Fuente: Electrical Power System Quality.*¹²

2.9.1 Causas del flicker

A continuación, se presentan algunas de las causas más comunes de fluctuaciones de voltaje en el sistema de transmisión y distribución.

- ✚ Los hornos de arco
- ✚ Maquinas soldadoras

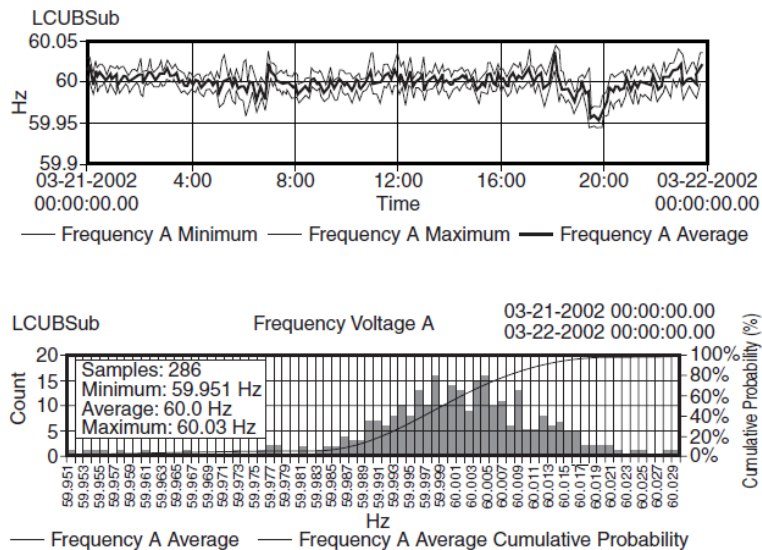
¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. Electrical Power Systems Quality. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 28.

2.10 VARIACIONES DE FRECUENCIA

Las variaciones de frecuencia son desviaciones en la frecuencia fundamental de su valor nominal especificado (60 Hz) con límites $\pm 2.5\%$ Hz. Estas variaciones se presentan debido al desequilibrio dinámico entre generación y la carga.¹²

En la figura 11 se ilustra las variaciones de frecuencia durante un período de 24 h en un bus típico de una subestación de 13 kV.

Figura 11. Tendencia de la frecuencia y distribución estadística en el bus de la subestación de 13 kV.



Fuente: *Electrical Power System Quality*.¹²

2.10.1 Causas de variaciones de frecuencia

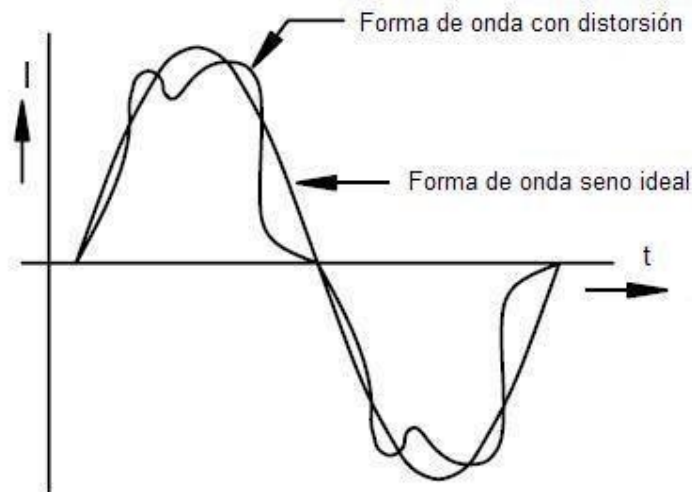
- ✚ Una variación de frecuencia ocurre si un generador deja de estar sincronizado con el sistema de energía
- ✚ Conmutación en la carga
- ✚ Desconexión de una gran fuente de generación

¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. *Electrical Power Systems Quality*. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 30.

2.11 DISTORSIÓN DE LA FORMA DE ONDA

“La distorsión de la forma de onda se define como una desviación en estado estacionario de una onda sinusoidal ideal de frecuencia fundamental (60Hz) caracterizada principalmente por el contenido espectral de la desviación”.¹²

Figura 12. Forma de onda con distorsión



Fuente: libro calidad de la energía eléctrica.¹⁴

Hay cinco tipos principales de distorsión de la forma de onda:

2.11.1 Armónicas

Las armónicas son tensiones o corrientes sinusoidales que tienen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental (60Hz). Combinados con el voltaje o la corriente, los armónicos producen una distorsión de la forma de onda, ver Figura 12. La representación de la distorsión armónica se realiza mediante el espectro armónico con magnitudes y ángulos de fase de cada componente armónico individual. También es común utilizar una sola cantidad, la distorsión armónica total (THD), como medida del valor efectivo de la distorsión armónica.¹²

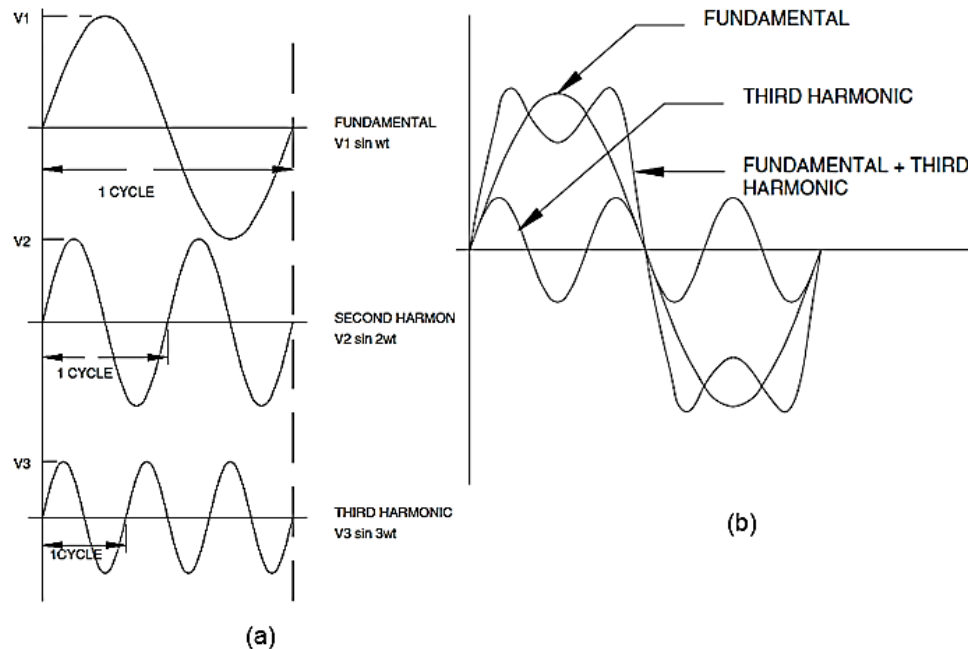
¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. Electrical Power Systems Quality. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 26.

¹⁴ SÁNCHEZ, M. A. Calidad de la Energía Eléctrica. México.: Instituto Tecnológico de Puebla DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, 2009. 10p.

Además, el estándar IEEE 519-1992 define otro término, la distorsión de demanda total (TDD). Este término es el mismo que la distorsión armónica total excepto que la distorsión se expresa como un porcentaje de alguna corriente de carga nominal en lugar de como un porcentaje de la magnitud de la corriente fundamental en el instante de la medición.¹²

En la figura 13 se ilustra el significado de las frecuencias armónicas. El número del armónico depende de los ciclos a los que se somete durante un ciclo de la frecuencia fundamental.¹⁴

Figura 13. (a) Armónicos fundamentales, segundo y tercero. (b) Forma de onda distorsionada agregando las formas de onda de frecuencia fundamental y del tercer armónico.

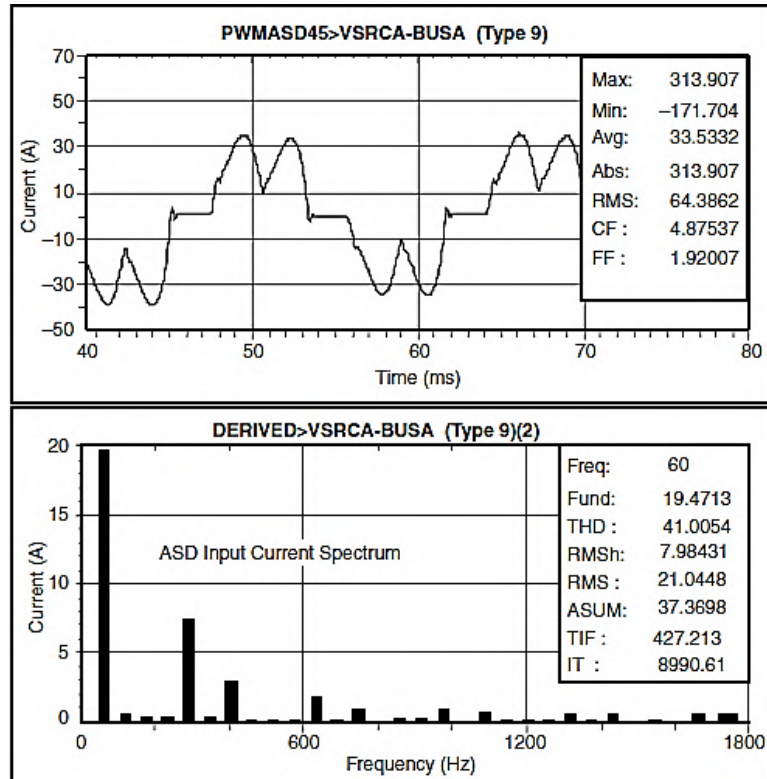


Fuente: *Book Power Quality*.¹⁵

15 SANKARAN, C. Power Quality. USA, CRC Press LLC, 2002, P. 82.

La Figura 14 ilustra la forma de onda y el espectro armónico para una corriente de entrada típica de variador de velocidad ajustable (ASD).

Figura 14. Forma de onda de corriente y espectro armónico para una corriente de entrada ASD



Fuente: *Electrical Power System Quality*¹²

2.11.1.1 Causas de las armónicas

- ✚ Cargas no lineales
- ✚ Lámparas fluorescentes
- ✚ Variadores de velocidad ajustable ASD

¹² DUGAN, Roger. MCGRANAGHAN, Mark. SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. *Electrical Power Systems Quality*. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004, p. 26.

2.11.2 Interarmónicas

Los Interarmónicas son voltajes o corrientes que tienen componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la fundamental (60Hz). Estos se pueden expresar como frecuencias discretas o como un espectro de banda ancha.¹⁰

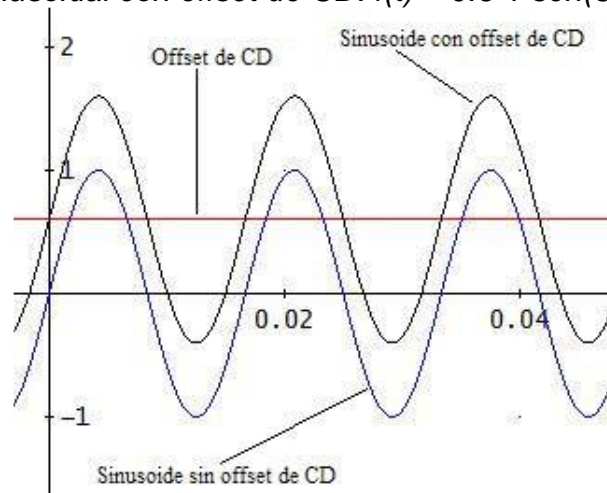
2.11.2.1 Causas de los Interarmónicas

- ✚ Convertidores de frecuencia estáticos
- ✚ Los ciclos convertidores
- ✚ Los hornos de inducción
- ✚ Los dispositivos de arco

2.11.3 Offset de CD

La presencia de corriente continua en un sistema de energía de corriente alterna se denomina Offset de CD. Este fenómeno se encuentra en todos los niveles de voltaje de las redes de distribución de CA puede ser perjudicial debido al aumento en la saturación del transformador y el calentamiento asociado, entre otros.¹⁰

Figura 15. Onda sinusoidal con offset de CD: $f(t) = 0.6 + \text{sen}(377t)$ pu



Fuente: libro calidad de la energía eléctrica.¹⁴

¹⁰ Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 20.

¹⁴ SÁNCHEZ, M. A. Calidad de la Energía Eléctrica. México.: Instituto Tecnológico de Puebla DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, 2009, p. 47.

2.11.3.1 Causas de los Offset de CD

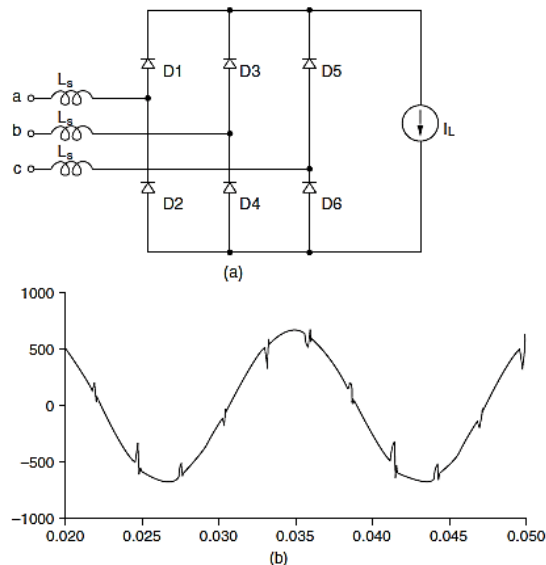
A continuación, se presentan algunas de las fuentes principales de este fenómeno electromagnético.¹¹

- ✚ Rectificadores de media onda
- ✚ Convertidores estáticos
- ✚ Ciclos convertidores
- ✚ Motores de inducción
- ✚ Aparatos de arco eléctrico

2.11.4 Muestras

Las Muestras (Notching) son perturbaciones periódicas en las ondas de voltaje causadas durante la conmutación de corriente de una fase a otra en rectificadores monofásicos y trifásicos. En la figura 16 se ilustra un convertidor trifásico con la causa principal de este tipo de perturbación.¹³

Figura 16. (a) Un rectificador trifásico que produce muescas. (b) Una forma de onda que muestra muescas.



Fuente: *Power Quality in Electrical Systems*.¹³

11 Enríquez Harper, G. El ABC de la calidad de la Energía Eléctrica. México.: Limusa Noriega Editores, 2004, p. 48.

13 KUSKO, Alexander y THOMPSON, Marc. Power Quality in Electrical Systems. USA, McGraw-Hill, 2007, p. 35.

2.11.5 Ruido

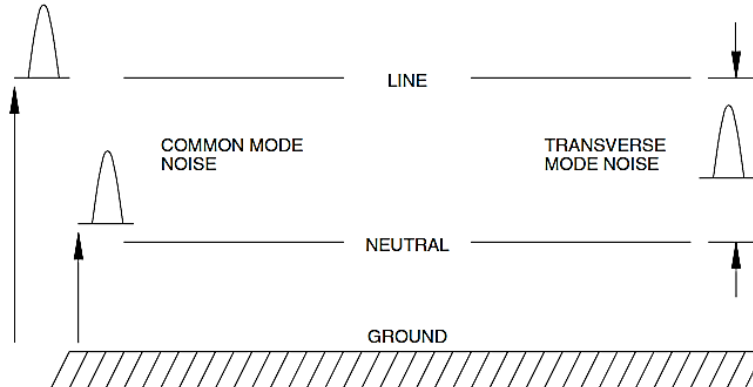
“El ruido (Noise) se define como señales eléctricas no deseadas con un contenido espectral de banda ancha inferior a 200 kHz superpuesto al voltaje o corriente del sistema de energía en los conductores de fase, o que se encuentran en conductores neutros o líneas de señal”.¹⁰

Hay dos tipos de voltajes de ruido:

Voltaje de ruido de modo común: El ruido de modo común está presente con la misma magnitud y en fase en cada conductor portador de corriente con respecto a un plano o circuito de tierra.

Voltaje de ruido de modo normal: Señal de ruido que aparece entre fase y neutro (Figura 17), pero no entre el voltaje de fase a tierra (V_{ag}) es una senoide pura y el voltaje de neutro a tierra (V_{ng}) es cero.¹⁵

Figura 17. Representación gráfica del ruido de modo común y transversal.



Fuente: *Book Power Quality*.¹⁵

2.11.5.1 Causas del ruido

- ✚ dispositivos electrónicos de potencia
- ✚ circuitos de control
- ✚ equipos de arco
- ✚ cargas con rectificadores de estado sólido
- ✚ fuentes de alimentación conmutadas.

10 Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 21.

15 SANKARAN, C. Power Quality. USA, CRC Press LLC, 2002, P. 160.

2.12 MARCO CONTEXTUAL

2.12.1 Reseña histórica

“La historia de la compañía inicia el 16 de junio de 1896 con la protocolización de la Escritura Pública 121 que crea la “Compañía de Alumbrado Eléctrico de Cúcuta”, quien a través de una planta hidroeléctrica de 220 kW de generación ubicada en "Los Colorados" suministra energía eléctrica a Cúcuta. Posteriormente, el 16 de octubre de 1952 y mediante Escritura Pública 3552 de la Notaría Octava de Bogotá, se constituye la empresa "Centrales Eléctricas de Cúcuta SA", la cual inició operaciones el 3 de enero de 1953 y posteriormente en 1955, cambió su razón social por "Centrales Eléctricas del Norte de Santander SA". En 1961 la electrificadora adquirió las Empresas de Energía Eléctrica de Pamplona y Ocaña, incorporando sus activos al sistema de electrificación departamental, con lo cual cumple su aspiración de atender la totalidad de municipios de Norte de Santander.

En el marco de la ley 142 de 1994, CENS se constituyó como Empresa de Servicios Públicos, siendo en ese entonces la Nación el principal accionista de la empresa con el 78,98% de las acciones y quedando a partir de esa fecha bajo la vigilancia y control de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios”¹⁶.

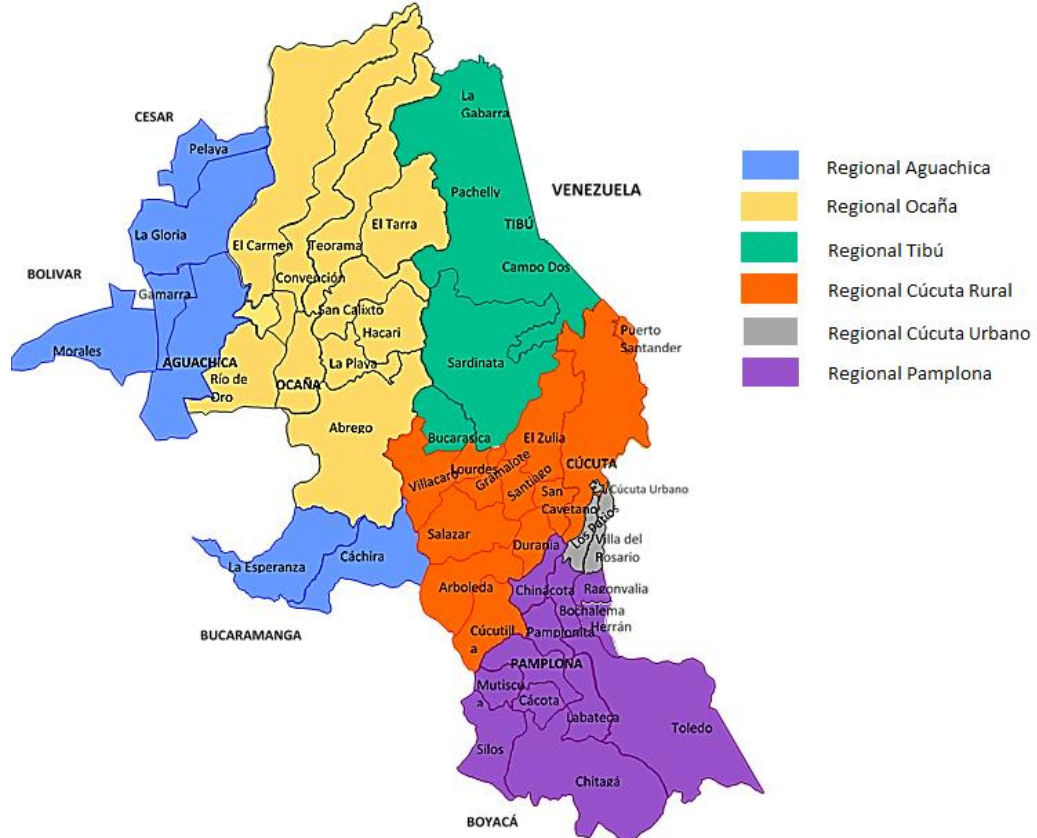
2.12.2 Objeto social

“Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P, cuya sigla es CENS S.A E.S.P, es una empresa de servicios públicos mixta de nacionalidad colombiana. La empresa como la conocemos hoy fue constituida el 16 de octubre de 1952 mediante Escritura Pública 3552 de la Notaría Octava de Bogotá y quedó configurada como filial del Grupo Empresarial Epm a partir del 19 de marzo de 2009.

Dentro de su objeto social, CENS S.A E.S.P está autorizada para prestar el servicio público domiciliario de energía eléctrica y sus actividades complementarias de transmisión, distribución y comercialización, así como la comercialización y prestación de servicios de telecomunicaciones y las actividades que la complementen, de acuerdo con el marco legal regulatorio. Estos servicios son prestados por la empresa en Cúcuta y su área metropolitana, Departamento Norte de Santander, sur del Departamento del Cesar y sur del Departamento de Bolívar, para lo cual cuenta con cuatro (4) regionales ubicadas en los municipios de Pamplona, Ocaña, Tibú y Aguachica y 39 localidades que atienden 47 municipios”¹⁶.

16 CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER. Quiénes somos. {En línea}. {Consultado el 9 de febrero 2021}. Disponible en: <https://www.cens.com.co/Institucional/Quienessomos.aspx>

Figura 18. Regionales prestaciones de servicio CENS S.A. E.S.P



Fuente: CENS S.A. E.S.P.¹⁶

2.12.3 Descripción de la subestación eléctrica San Mateo

Ubicación geográfica

Departamento: Norte de Santander

Ciudad: San José de Cúcuta

Dirección: Avenida 12 calle 39 parte alta barrio Bogotá, sector monitora de comunicaciones – Cúcuta.

Coordenadas geográficas:

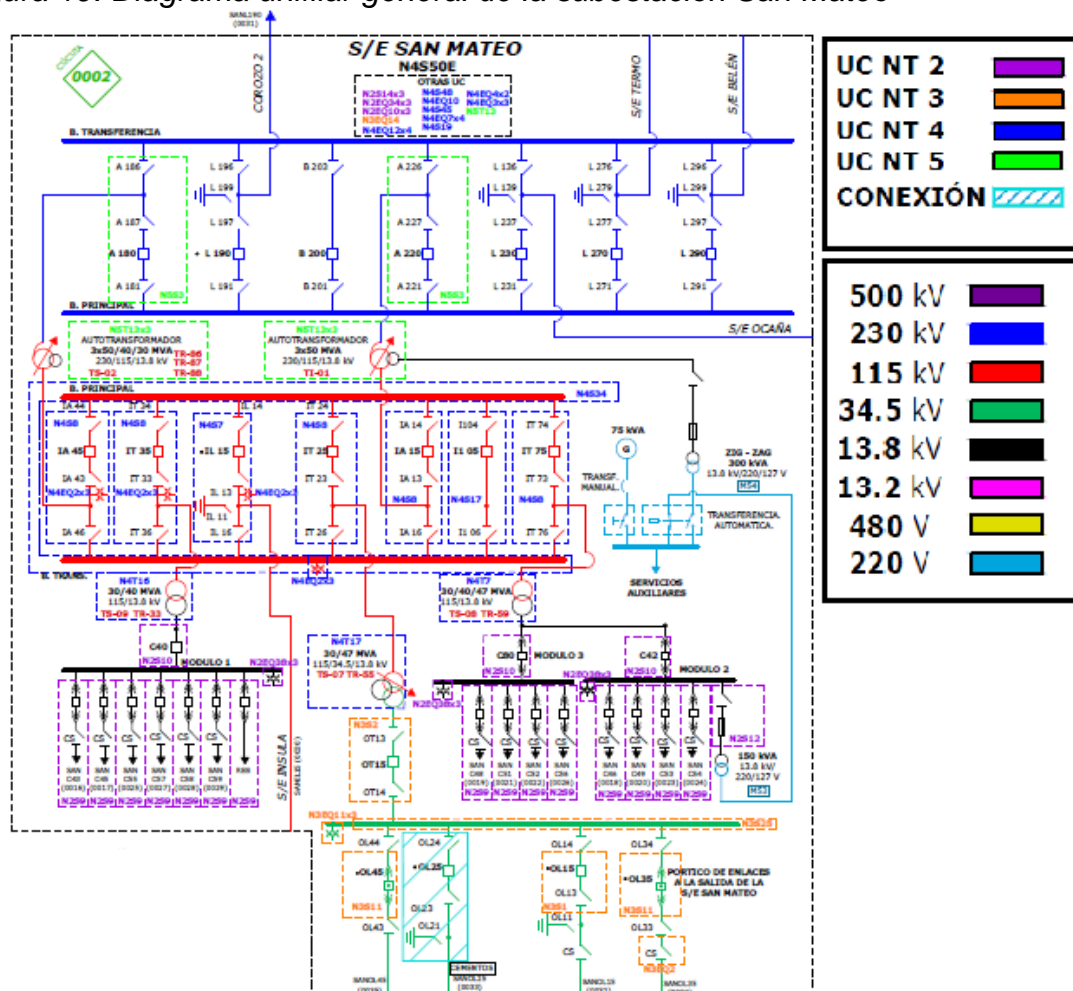
Latitud: 7,873491 N

Longitud: -72,484315 W

La subestación eléctrica San Mateo es uno de los complejos más importantes de Norte de Santander ya que abastece a gran parte de los usuarios garantizando calidad y continuidad en el servicio. Esta subestación aumento su capacidad instalada a 300 MVA a través de la inclusión de 3 nuevos autotransformadores, esto permite atender la demanda industrial, comercial y residencial.

Además, en la figura 19 se puede observar la alimentación de la subestación San Mateo, tiene tres circuitos de alimentación conectados a una barra de un nivel de tensión de 230 kV provenientes de una conexión del STN mediante la subestación los palos de Bucaramanga, subestación Ocaña y la subestación Belén. También se observan los módulos 1, 2 y 3 con un nivel de tensión de 13,8 kV.

Figura 19. Diagrama unifilar general de la subestación San Mateo

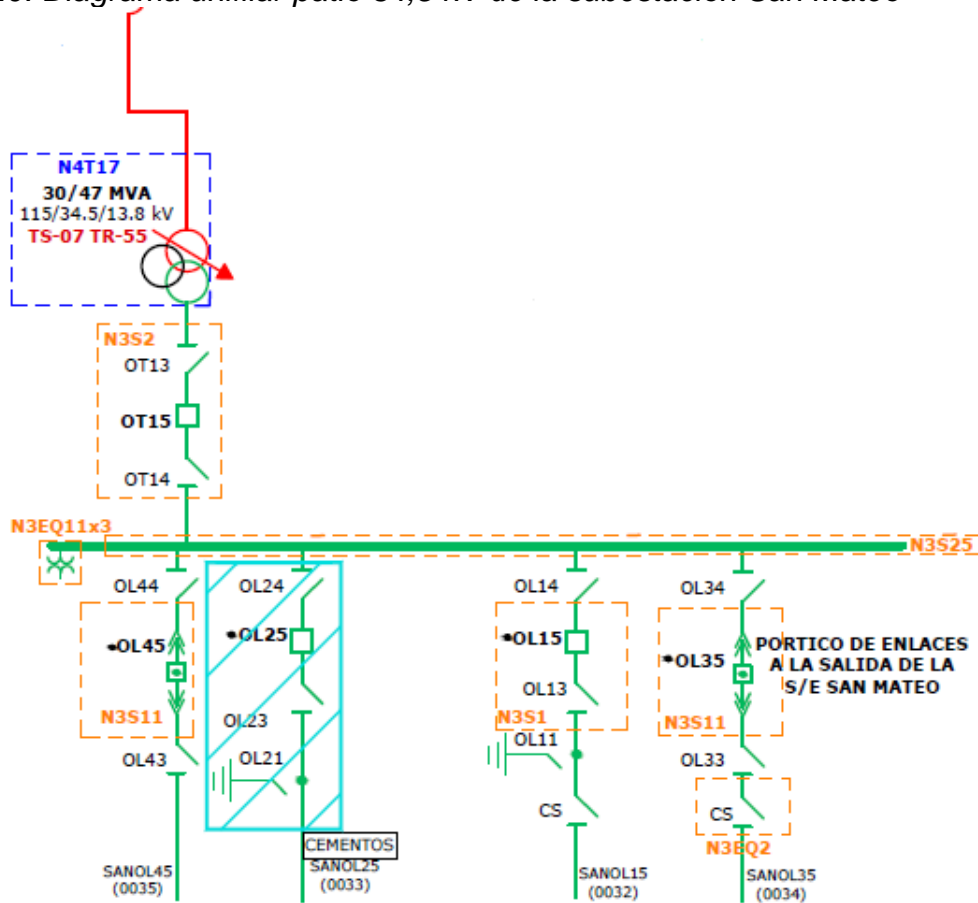


Fuente: CENS S.A. E.S.P.

2.12.4 Descripción del patio

En la figura 20 se puede observar el diagrama unifilar del patio 34,5 kV (en color verde) el cual cuenta con las siguientes características: un autotransformador tridevanado trifásico (TS-07 TR-55) de 115/34.5/13,8 kV con una potencia de 30/47 MVA aguas abajo de él se encuentran un bahía de transformador configuración barra sencilla tipo convencional conectado a la barra (N3EQ11x3) compuesto por dos seccionadores y un interruptor conectados (N3S2), la subestación está compuesta por cuatro ramales. El primero es SANOL45 (0035) conectado a dos seccionadores, un interruptor (N3S11) y dos seccionadores. El segundo ramal es SANOL25 (0033) está compuesto por dos seccionadores, un interruptor y un seccionador de puesta a tierra. El tercer ramal es SANOL15 (0032) está compuesto por dos seccionadores y un interruptor (N3S1), un seccionador de puesta a tierra y un cortacircuitos. El cuarto ramal es SANOL35 (0034) está compuesto por dos seccionadores y un interruptor (N3S11), dos seccionadores y un cortacircuitos.

Figura 20. Diagrama unifilar patio 34,5 kV de la subestación San Mateo



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Figura 21. Panorámica de la subestación eléctrica San Mateo



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Figura 22. Subestación eléctrica San Mateo



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

2.13 NORMATIVA REFERENCIAL

Al momento de realizar un estudio de calidad de la energía es fundamental recurrir a las normas nacionales e internacionales, ya que estas proporcionan definiciones, límites y de cierto modo nos orientan para monitorear la calidad del producto.

En la actualidad, la calidad de la energía en Colombia es regulada por la CREG, la cual ha incentivado a los OR desde el STN, STR y el SDL a mejorar la calidad del servicio y del producto que se les presta a los usuarios finales. Por esta razón, se han elaborado resoluciones que enuncian los estándares de calidad de la potencia eléctrica como lo son las normas IEEE e IEC. Este trabajo de grado estará regido y delimitado de acuerdo con las normas referentes al tema de medida y monitoreo de calidad de la energía. A continuación, se realizará una breve descripción de la normativa.

2.13.1 Normativa nacional

2.13.1.1 Resolución CREG 070 1998

En esta resolución establecen que la calidad de la potencia suministrada por un OR se relaciona con las desviaciones de la tensión y la forma de las ondas de tensión y corriente. Donde establecen que los siguientes indicadores miden la calidad de la potencia suministrada:

Frecuencia y tensión

“La frecuencia nominal del SIN es 60 Hz y su rango de variación de operación está entre 59.8 y 60.2 Hz en condiciones normales de operación”¹⁷.

“Las tensiones en estado estacionario a 60 Hz y sus variaciones permisibles, son las establecidas en la norma NTC 1340, o aquella que la modifique o sustituya”¹⁷.

Contenido de armónicos de las ondas de tensión y corriente

“Son el contenido de ondas con frecuencias que son múltiplos de la frecuencia normal de suministro (60 Hz). Tanto el OR como los Usuarios conectados a su red deberán cumplir con la norma IEEE 519 - [1992] o la que la modifique o sustituya”¹⁷.

¹⁷ COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 070. (28, mayo, 1998). Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 1998. No 43318. p. 36.

Flicker

“Mide las variaciones de tensión causadas fundamentalmente por cargas tales como hornos de arco, acerías y otros equipos de gran consumo. El OR deberá garantizar que sus Usuarios cumplan con la norma IEEE-519 [1992] o la que la modifique o sustituya”¹⁷.

Transitorios electromagnéticos rápidos y fluctuaciones de tensión

“Es todo fenómeno que origine distorsiones transitorias de las ondas de tensión y corriente respecto a su forma y frecuencia permisibles. La norma IEEE-1159 [1995] fija las pautas para el análisis de este tipo de fenómenos”¹⁷.

Factor de potencia

El factor de potencia mínimo permisible es el establecido en el Artículo 25 de la resolución CREG 108 de 1997, la cual ha sido modificada por la resolución CREG 047 del 2004.

La CREG 047 del 2004 establece que “El factor de potencia inductivo (coseno phi inductivo) de las instalaciones deberá ser igual o superior a punto noventa (0.90). El operador de Red podrá exigir a aquellas instalaciones cuyo factor de potencia inductivo viole este límite, que instalen equipos apropiados para controlar y medir la energía reactiva”¹⁸.

2.13.1.2 Resolución CREG 024 2005

Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de Distribución de Energía Eléctrica. A continuación, se dictan algunas de las definiciones para interpretar y aplicar la normativa del reglamento de operación del SIN.

P_{ST} (Percibility Short Time): “Es un indicador de la perceptibilidad de un equipo o sistema, ante fluctuaciones de tensión durante un período de tiempo corto (10 minutos), obtenido de forma estadística a partir del tratamiento de la señal de tensión. La forma de calcularlo se define en el Estándar IEC-61000-4-15 (2003-02)”¹⁹.

18 COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 047. (01, junio, 2004). Por la cual se modifica la Resolución CREG - 108 de 1997. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2004. No 45621. p. 3.

19 COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 024. (26, abril, 2005). Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de Distribución de Energía Eléctrica. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2005. No 45904. p. 3.

THDV (Total Harmonic Distortion of Voltage): “Es un indicador de la Distorsión Armónica Total del Voltaje, respecto de la onda estándar, expresada en porcentaje. La forma de calcularlo se define en el Estándar IEEE 519 [1992]”¹⁹.

Modificación del numeral 6.2.1 del anexo general del reglamento de distribución de energía eléctrica – resolución CREG 070 de 1998. Por la cual se modifican algunos de los indicadores que miden la CPE suministrada por un OR:

Desviaciones de la Frecuencia y magnitud de la Tensión estacionaria

“La frecuencia nominal del SIN y su rango de variación de operación son las establecidas en el Código de Operación incluido en el Código de Redes (Resolución CREG 025 de 1995 y aquellas que la modifiquen, complementen o sustituyan)”¹⁹.

Código de operación

“La frecuencia objetivo del SIN es 60.00 Hz y su rango de variación de operación está entre 59.80 y 60.20 Hz, excepto en estados de emergencia, fallas, déficit energético y períodos de restablecimiento”²⁰.

“Las tensiones en estado estacionario a 60 Hz no podrán ser inferiores al 90% de la tensión nominal ni ser superiores al 110% de esta durante un periodo superior a un minuto. En el caso de sistemas con tensión nominal mayor o igual a 500 kV, no podrán ser superiores al 105%, durante un periodo superior a un minuto”²⁰.

Distorsión Armónica de la Onda de Tensión

Tanto los transportadores del STN, como los OR, deberán cumplir las exigencias establecidas en la siguiente tabla, basada en el Estándar IEEE 519 - [1992]:

Tabla 3. Límites máximos de Distorsión Total de Voltaje

Tensión del sistema	THDV Máximo (%)
Niveles de tensión 1, 2 y 3	5.0
Niveles de tensión 4	2.5
STN	1.5

*Fuente: Resolución CREG 024 (2005)*¹⁹

¹⁹ *ibid.* p. 9








²⁰ COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 025. (13, julio, 1995). Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Bogotá, D.C., 2005. No 41937. p. 90.

2.13.1.3 Resolución CREG 016 2007

Equipos de medición

En Colombia, “La medición de la calidad de la potencia se deberá efectuar con los equipos reconocidos en la Resolución CREG 082 de 2002”²¹, tales como:

“Unidad constructiva CCS9: Sistemas de Medida y Calidad (Equipos de Registro de Calidad de Potencia y sistema de procesamiento). Equipo "Unidad de adquisición de datos", reconocido, entre otras, en las unidades constructivas N2S1 a N2S6, N2S8 a N2S12, N2S15 a N2S18, N3S1 a N3S16, N3S19, N3S20 y N4S1 a N4S18. Para efectos de la medición de la calidad de la potencia, los mencionados equipos deberán reunir las condiciones técnicas que permitan cumplir al menos las siguientes características y funciones”²¹:

-  “Medir el indicador THDV en el barraje, de acuerdo con el Estándar IEEE 519 (1992)”²¹.
-  “Medir la relación entre el voltaje de secuencia negativa y el voltaje de secuencia positiva ($V(2) / V(1)$) en el barraje, con desempeño Clase A”²¹.
-  “Medir hundimientos y picos, de acuerdo con el Estándar IEC 61000-4-30 (2003-02) con desempeño Clase A”²¹.
-  “Medir la continuidad del servicio (frecuencia y duración de interrupciones superiores a un minuto)”²¹.
-  “Medir la desviación estacionaria de la tensión rms (duración superior a 1 minuto) por debajo o por encima de la permitida en el numeral 6.2.1 del Anexo 1 de esta resolución”²¹.
-  “Medir el indicador PST, de acuerdo con el Estándar IEC-61000-4-15 (2003-02), o al menos permitir descargar, en medio magnético, información digital de la forma de onda del voltaje, para ser procesada en otra parte del sistema, como se establece en el Artículo 5, con una velocidad de muestreo mínima de 1024 muestras por segundo”²¹.
-  “Estar dotado de un sistema de procesamiento de datos capaz de realizar descargas automáticas de información, de estas medidas, en medio magnético, desde los medidores, y capaz de generar de forma automática los reportes indicados en el literal e) del Artículo 5 de la presente resolución”²¹.

21 COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 016. (26, febrero, 2007). Por la cual se modifica parcialmente la Resolución CREG 024 de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la Distribución de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2007. No 46583. p. 4.

Plan para instalar el sistema de medición y registro


“Los Operadores de Red deberán instalar los respectivos sistemas de medición de calidad de la potencia suministrada de tal forma que, a partir del 1 de octubre de 2007, sea posible realizar mediciones en el 100% de las barras de las subestaciones de Niveles de Tensión 4, 3 y 2, así como en el 100 % de los circuitos en los Niveles de Tensión 4, 3 y 2, cuya unidad constructiva lo reconozca. Se permitirá realizar la medida en los circuitos a través de una lógica con el interruptor respectivo”²¹.

2.13.1.4 Resolución CREG 065 2012

La resolución CREG 065 2012 actualmente se encuentra en trámite, pero esta normativa complementaria las resoluciones anteriores compilándolas en una sola resolución. El objetivo de esta resolución es establecer las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables al SIN y ajustarlas para que los métodos de medida de los indicadores de calidad de la potencia se basen en torno al estándar IEC 61000-4-30 2008. Esta tiene en cuenta indicadores como la desviación estacionaria de la tensión eficaz, severidad del parpadeo de corta duración Pst, la relación de secuencia negativa y positiva, las variaciones de corta duración, interrupciones de larga duración, la distorsión armónica total de voltaje y corriente y por último el cálculo de la distorsión total de demanda. Además, establece los límites de los indicadores y la forma en que se deben medir y reportar dichos fenómenos²².

2.13.1.5 Resolución CREG 015 2018

En esta resolución se dictan las condiciones para que los operadores de red inviertan en nuevas tecnologías para modernizar la infraestructura utilizada en la distribución del servicio de energía con el fin de mejorar la calidad del servicio y del producto que se presta a los usuarios del SIN. La resolución CREG 015 2018 clasifica los eventos presentados en el SDL teniendo en cuenta si el evento ha sido previsto o no por el OR, se clasifican de la siguiente manera:

-  **Programados:** “son aquellos eventos programados por el OR a efectos de realizar expansiones, remodelaciones, ampliaciones, reposiciones, mejoras, mantenimientos preventivos y/o mantenimientos correctivos, etc. en sus redes, instalaciones y/o equipos”²³.

²¹ *ibid.* p. 5.

²² COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 065. (25, junio, 2012). Por el cual se ordena hacer público un proyecto de resolución de carácter general, que pretende establecer las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables en el Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2012. No 48509, p. 9.

- ✚ **No programados:** “son aquellos eventos en los elementos que componen un SDL que no fueron programados por el OR y que suceden por situaciones no preestablecidas por él”²³.

2.13.2 Normativa internacional

2.13.2.1 IEEE Std 1159™ - 2009

La IEEE Std 1159™ del 2009 es una práctica recomendada por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* para monitorear la calidad de la energía, en esta se definen siete categorías distintas de los fenómenos electromagnéticos presentes en las redes de distribución.

En la [Tabla_2](#) se enuncian las categorías, las cuales se clasifican de acuerdo con la magnitud y el tiempo de duración del fenómeno. Además, esta norma da a conocer algunos de los efectos que producen estos fenómenos en equipos eléctricos y electrónicos.¹⁰

2.13.2.2 IEEE Std 519™ - 2014

El estándar IEEE Std 519™ del 2014 es una práctica recomendada y establece los requisitos para el control de armónicos en sistemas de energía eléctrica. Donde establecen metas para el diseño de sistemas eléctricos de potencia que incluyen cargas lineales y no lineales describiendo las formas de onda del voltaje y corriente que pueden existir en el sistema de energía.

El propósito de esta práctica recomendada es que sea utilizada como guía para el diseño de sistemas de potencia con cargas no lineales y debe aplicarse en los puntos de acoplamiento común (PCC) entre los operadores de red y los usuarios del sistema eléctrico.²⁴

23 COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 015. (29, enero, 2018). Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2018. No 50496, p. 91.

10 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009, p. 1.

24 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. IEEE Std 519. New York.: The Institute, 2014, p. 2.

2.13.2.3 IEC 61000-4-30 2008

El estándar IEC 61000-4-30 del 2008 actualmente se encuentra retirado y será remplazada por la IEC 61000-4-30 del 2015 que define los métodos de medición e interpretación de los resultados para cada uno de los fenómenos conducidos en sistema eléctrico. Los parámetros considerados por esta norma son la frecuencia, la magnitud de la tensión, parpadeo, caídas y subidas de tensión, interrupciones de tensión, tensiones transitorias, desequilibrio de tensión, armónicos e Interarmónicas de tensión, entre otras.

De la misma manera define tres formas de utilización de la norma, denominadas clase A, clase B y clase S. la primera se refiere a las medidas de baja incertidumbre, verificación de cumplimiento de la norma, aplicaciones contractuales y que deben cumplir con las más altas prestaciones y el nivel de precisión para obtener resultados repetibles y comparables. La clase B está destinada a estudios estadísticos o solución de problemas en instalaciones relacionadas con la calidad de la energía, actualmente se trasladó al anexo B y va a ser considerada para su eliminación futura. Y por último la clase S define y aclara que los niveles de precisión son menos estrictos. Los analizadores de calidad clase S Power se pueden utilizar para encuestas estadísticas y aplicaciones contractuales cuando no se requiera una medición comparable.²⁵

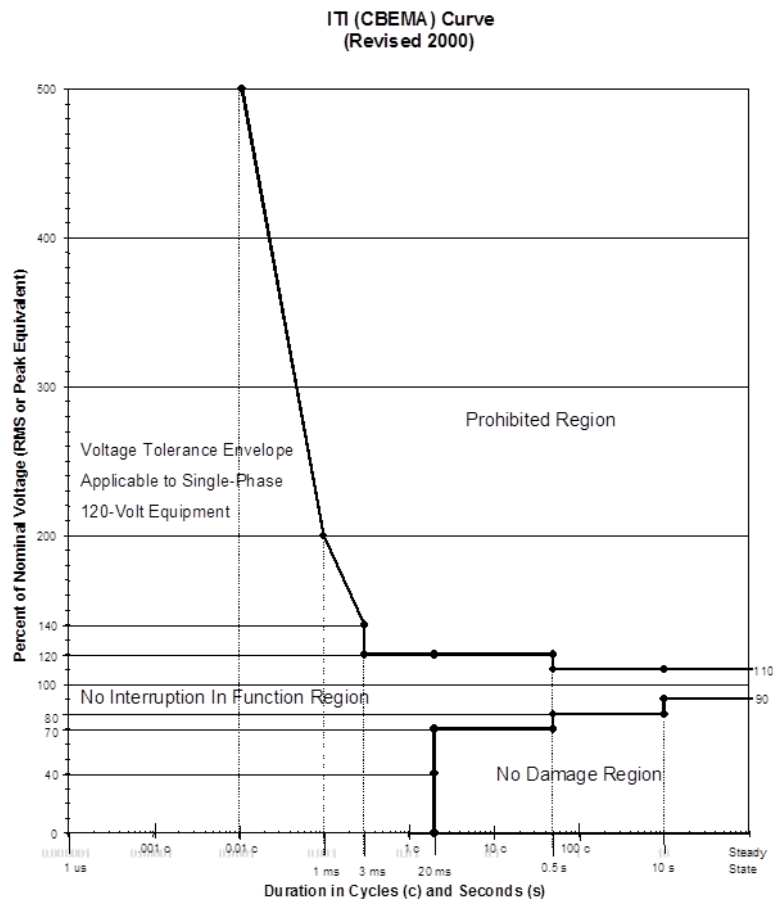
25 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods. IEC 61000-4-30. Belgic: The organization, 2015, p. 10.

2.14 CURVA ITIC (CBEMA)

La curva ITIC (CBEMA), fue publicada por el Comité Técnico 3 (TC3) del consejo de la Industria de las Tecnologías de la Información (ITI). El alcance de esta curva ITIC (CBEMA) describe una envolvente de voltaje de entrada de CA que es tolerada por la mayoría de los equipos de tecnología de la información.

La curva es aplicable para tensiones nominales de 120 V obtenidas de sistemas de 120 V, 208Y/120 V y 120/240V a frecuencia nominal 60 Hz. Otros valores de tensión y frecuencia no son considerados. Por tanto, es importante que el usuario sea el responsable de determinar la aplicabilidad del documento.²⁶

Figura 23. Curva ITIC (CBEMA)



Fuente: <https://www.itic.org/dotAsset/b7e622fd-7b12-4641-bb0b-00af8c9e5c37.doc>

26 CONSEJO DE LA INDUSTRIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN. Nota de aplicación de la curva ITI (CBEMA) [en línea]. Washington DC: ITI, abril. 2019 [citado 20 feb, 2021]. Disponible en internet: <https://www.itic.org/policy/regulatory-compliance>. También disponible el documento en: <https://www.itic.org/dotAsset/b7e622fd-7b12-4641-bb0b-00af8c9e5c37.doc>

A continuación, se describen los siete tipos de eventos considerados en la envolvente de voltaje y se describen las dos regiones de la curva ITIC (CBEMA)²⁶:

✚ Tolerancias de estado estacionario

“El rango de estado estacionario describe un voltaje RMS que varía muy lentamente o es constante. El rango del sujeto es $\pm 10\%$ de la tensión nominal. Cualquier tensión en este rango puede estar presente durante un período indefinido, y es función de las cargas y pérdidas normales en el sistema de distribución”²⁶.

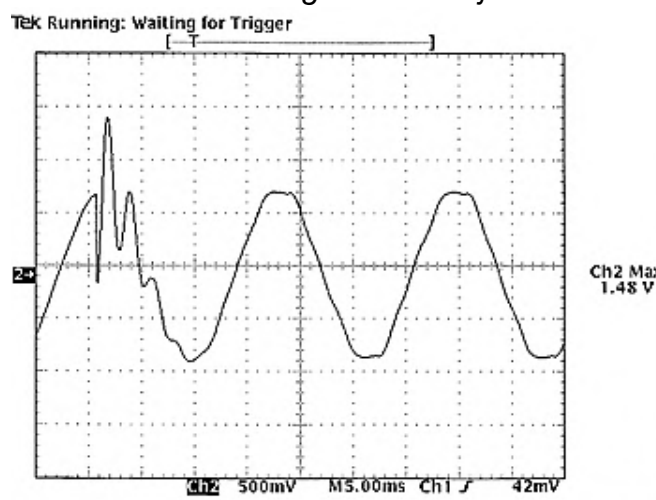
✚ Elevaciones de tensión de línea

“Esta región describe un aumento de voltaje que tiene una amplitud RMS de hasta el 120% de la tensión nominal RMS, con una duración de hasta 0,5 segundos. Este transitorio puede ocurrir cuando se retiran grandes cargas del sistema o cuando se suministra tensión de fuentes distintas de la compañía eléctrica”²⁶.

✚ Transitorio oscilatorio amortiguado de baja frecuencia

“Esta región describe un transitorio oscilatorio amortiguado que normalmente resulta de la conexión de capacitores. La frecuencia de este transitorio puede variar de 200Hz a 5KHz, dependiendo de la frecuencia resonante del sistema de distribución de CA. La magnitud del transitorio se expresa como un porcentaje de la tensión pico nominal (no el valor RMS) a 60 Hz. Se supone que el transitorio está completamente amortiguado al final del semiciclo en el cual ocurrió. La amplitud del transitorio varía del 140% para los transitorios oscilatorios de 200Hz hasta el 200% para transitorios oscilatorios de 5KHz”²⁶.

Figura 24. transitorio oscilatorio amortiguado de baja frecuencia



Fuente: <https://www.itic.org/dotAsset/b7e622fd-7b12-4641-bb0b-00af8c9e5c37.doc>

Impulso y transitorio oscilatorio de alta frecuencia

“Esta región describe los transitorios que son producidos como resultado de las descargas atmosféricas. Las formas de onda aplicables a estos transitorios y las condiciones generales se describen en ANSI/IEEE C62.41-1991. Esta región de la curva se ocupa trata con amplitud y duración (energía), en lugar de amplitud RMS. El propósito es suministrar una inmunidad transitoria mínima de 80 Joules”²⁶.

Depresiones de tensión

“Se describen dos depresiones de voltaje RMS diferentes. Generalmente, estos transitorios son el resultado de la aplicación de cargas pesadas, así como condiciones de falla, en varios puntos del sistema de distribución de CA. Depresiones al 80% del nominal (desviación máxima del 20%) se supone que tienen una duración típica de hasta 10 segundos, y depresiones al 70% del nominal (desviación máxima del 30 %) se supone que tienen una duración de hasta 0,5 segundos”²⁶.

Dropout

“Un voltaje de paso al reposo incluye tanto depresiones de voltaje RMS como interrupciones de la tensión aplicada, seguidas de la restauración inmediata de la tensión nominal. La interrupción puede durar hasta 20 milisegundos. Este transitorio resulta típicamente de la ocurrencia y la liberación subsecuente de fallas en el sistema de distribución de CA”²⁶.

Región de no daño

“Los eventos en esta región incluyen depresiones y pasos al reposo que son más graves que los especificados en los párrafos anteriores, y voltajes aplicados continuamente que son menores que el límite inferior del rango de tolerancias de estado estacionario. El estado funcional normal del ITE no es esperado típicamente durante estas condiciones, pero no se debe producir ningún daño al ITE”²⁶.

Región prohibida

“Esta región incluye cualquier elevación de tensión que supere el límite superior de la envolvente de voltaje. Si el ITE está sujeto a tales condiciones, puede producirse un daño al ITE”²⁶.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

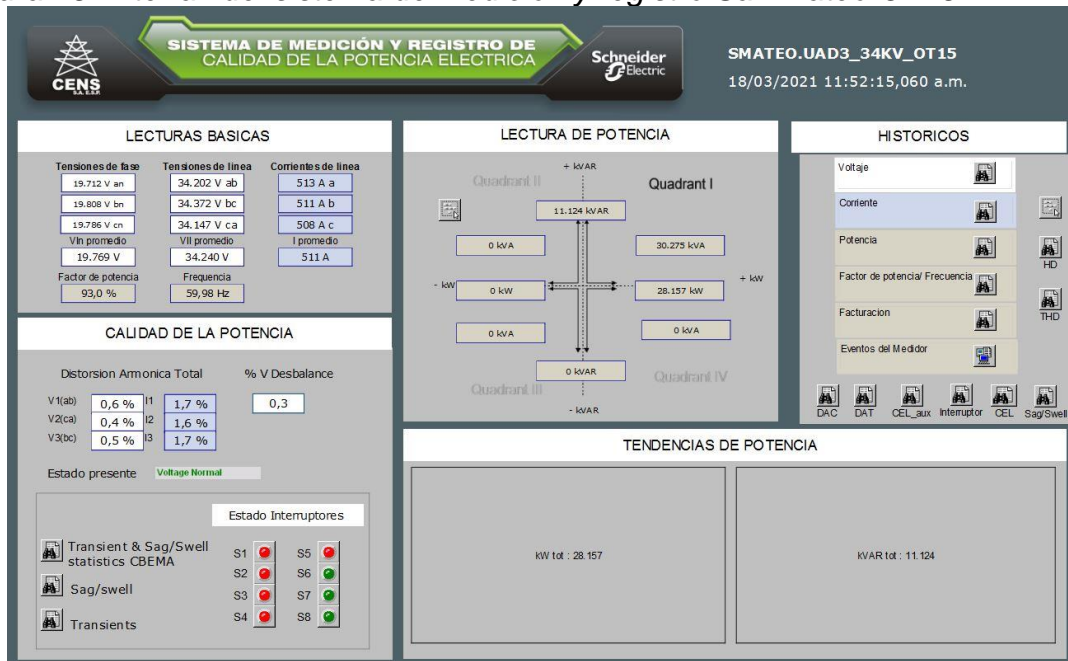
3.1 MATERIALES

Para el desarrollo del proyecto de grado se utilizó como equipo de medición el medidor de calidad de potencia y energía PowerLogic ION7650 marca Schneider, el cual se encuentra instalado en el patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo. Por otra parte, se realizó adquisición de los datos SCADA los cuales son medidos por los medidores ION 7300 instalados en cada una de las celdas del patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo. Y por último se solicitó información de las fronteras que tienen las redes de distribución con cada uno de los usuarios, estos datos son los consumos de energía medidos por los medidores DIGI TRANSPORT WR21 de teledemanda. A continuación, se dará una breve descripción de los instrumentos de recolección de información:

3.1.1 Sistema de Medición y Registro

El sistema de medición y registro de calidad de la potencia eléctrica de CENS S.A. E.S.P. está implementado en un software de la empresa Schneider Electric. En la figura 25 se muestra la interfaz gráfica, en esta se puede observar las lecturas básicas (tensiones de fase y línea, corrientes de línea, factor de potencia y frecuencia), lecturas de calidad de la potencia (Sag, Swell, transitorios, distorsión armónica y desbalance de tensión $v2/v1$). Así mismo se muestran otras lecturas e históricos de potencias activa y reactiva.

Figura 25. Interfaz del sistema de medición y registro San Mateo OT15



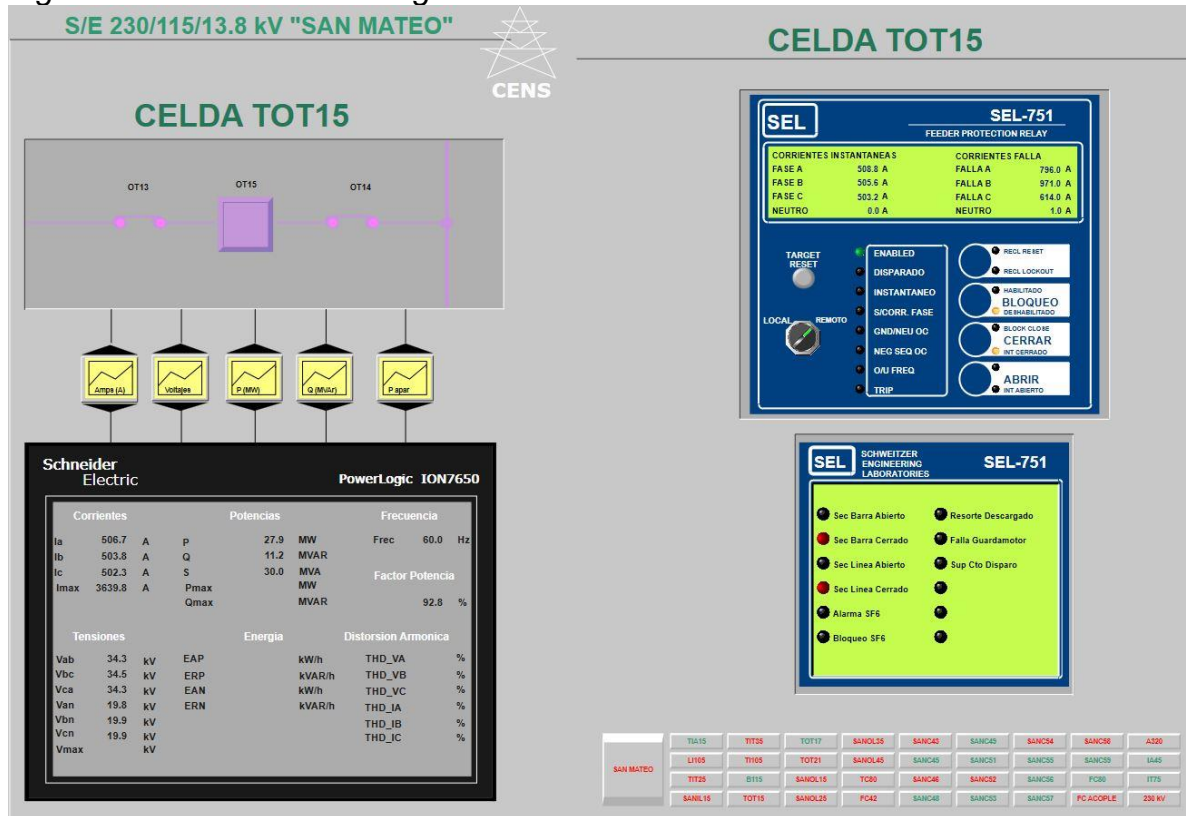
Fuente: CENS S.A. E.S.P.

3.1.2 Medidor ION 7650 (Calidad De La Energía)

El PowerLogic ION 7650 es un medidor multifuncional de calidad de la potencia y energía, con clase de precisión 0,2S energía acorde a IEC 62053-22, marca Schneider Electric. Miden parámetros eléctricos instantáneos RMS (Corriente, tensión, frecuencia, potencia activa, potencia reactiva, aparente total y por fase, factor de potencia total y por fase), valores energéticos (Demanda, energía activa, energía reactiva y energía aparente), mediciones de calidad de energía (Distorsión armónica, armónicos individuales hasta el 63, captura de forma de onda, detección de Sag y Swell, captura de transitorios, flicker).²⁷

En la figura 26 se muestra una representación del medidor de calidad de potencia y energía PowerLogic ION7650, esta es una representación mediante el visor de SCADA, se muestra las mediciones de corrientes, potencias, frecuencia, factor de potencia, tensiones, energía y distorsión armónica. El medidor está conectado al interruptor principal OT15 tal como lo muestra la imagen.


Figura 26. Medidor PowerLogic ION7650



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

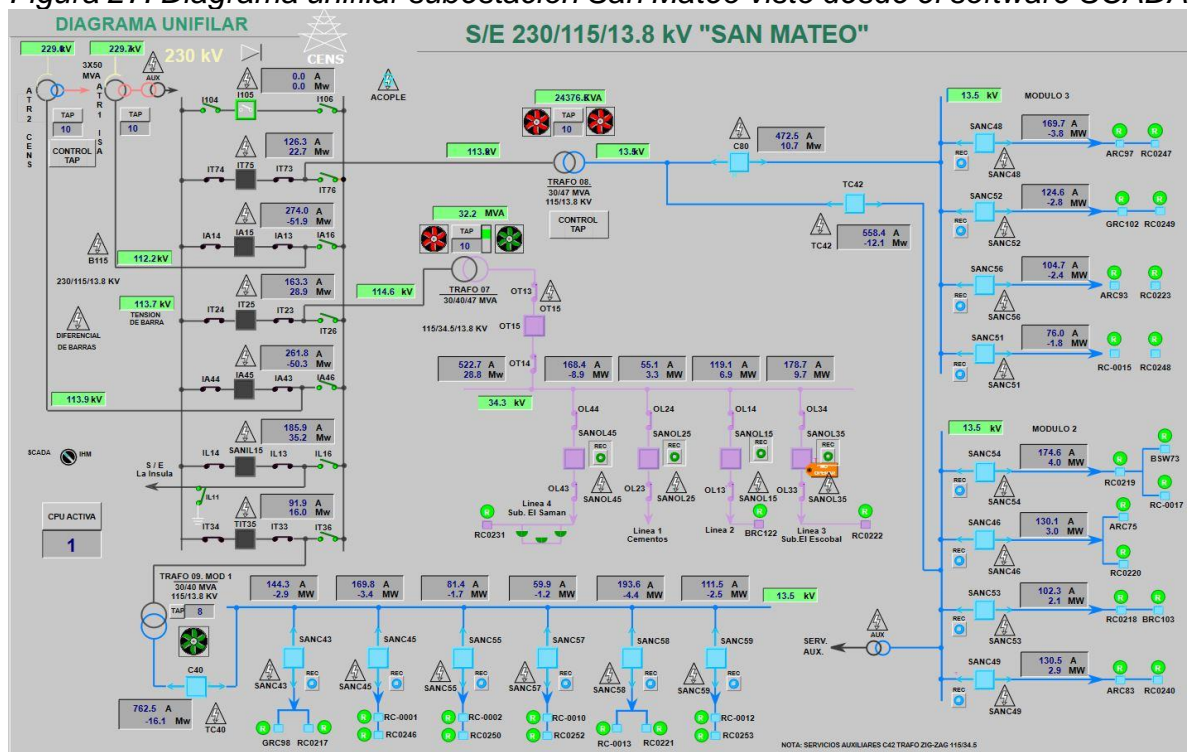
27 SCHNEIDER ELECTRIC, PowerLogic™ ION 7550/ION 7650 User guide. France: 2019. 7EN02-0248-08. 14-15 p.

Los medidores de calidad de la energía deben registrar los eventos presentados, en el caso de los Sag se asocian a cada uno de los barrajes de la subestación. La característica de este tipo de registro debe ser: fecha de registro del hundimiento (dd/mm/aaaa), hora de registro del hundimiento (hh:mm), formato 24 horas, subestación y barraje asociada al hundimiento de tensión, duración del hundimiento de tensión y magnitud del hundimiento de tensión, para cada una de las fases.²⁷

El ION 7650 está ubicado en la barra de 34,5 kV de la Subestación San Mateo como se muestra en la figura 27 () donde toma lecturas de mediciones de calidad de la energía permanentes con capturas de formas de ondas en 1024 muestras/ ciclo, el monitoreo de eventos y su clasificación lo realiza mediante la curva ITIC (CBEMA), los parámetros que brinda por cada evento se pueden observar en las tablas de anexos (fecha en la cual ocurrió el evento (año, mes, día, hora, minuto y segundos), tipo de evento, fase o fases en la cual ocurrió el evento, duración del evento, magnitud en p.u y la forma de onda del evento). Las mediciones que se tomaron del analizador fueron desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021.

Además, se obtuvo las mediciones de calidad de energía a nivel de tensión de 34,5 KV de las subestaciones eléctricas Atalaya, Belén C37, El Samán, El Escobal y Ínsula C75 con una toma de tiempo del mes de diciembre de 2020.

Figura 27. Diagrama unifilar subestación San Mateo visto desde el software SCADA



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

3.1.3 Medidor ION 7300 (SCADA)

El ION 7330 es un medidor de categoría intermedia con utilización en media y alta tensión clase de precisión 0,5 acorde a CEI 60687, realiza mediciones de valores instantáneos y medios RMS de corriente, voltaje, frecuencia, potencia activa, reactiva, aparente y el factor de potencia. Mide la calidad de la energía (Distorsión armónica en corriente y tensión, armónicos individuales hasta el 15, captura de formas de onda y detección de huecos y picos de tensión.), su número de muestras/ciclo es de 32.²⁸

En la figura 28 se muestra una representación gráfica del medidor PowerLogic ION7300 que está ubicado en cada celda del patio de 34,5 kV de San Mateo, en este caso el patio consta de cuatro celdas SANOL15, SANOL25, SANOL35, SANOL45 en ese nivel de tensión, las mediciones que se tomaron de este dispositivo fueron de una toma de tiempo (Octubre de 2020 hasta mayo de 2021), dichas mediciones se registran cada 15 minutos y constan de la fecha (año, mes, día, hora y minutos), corriente en cada fase, voltajes de línea, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia y energía.

Figura 28. Medidor PowerLogic ION7300

Schneider Electric			PowerLogic ION7300					
Corrientes			Potencias			Frecuencia		
Ia	120.1	A	P	7.0	MW	Frec	60.0	Hz
Ib	123.7	A	Q	1.8	MVAR			
Ic	119.1	A	S	7.2	MVA	Factor Potencia		
I _{max}	1094.3	A	P _{max}	22700.6	MW			
			Q _{max}	39239.6	MVAR		-96.9	%
Tensiones			Energía			Distorsion Armonica		
Vab	34.5	kV	EAP	573013.0	kW/h	THD_VA	0.8	%
Vbc	34.5	kV	ERP	3850425.0	kW/h	THD_VB	1.2	%
Vca	34.4	kV	EAN	5335610.0	kVAR/h	THD_VC	1.2	%
Van	19.9	kV	ERN	922862.0	kVAR/h	THD_IA	3.4	%
Vbn	20.0	kV				THD_IB	3.4	%
Vcn	19.9	kV				THD_IC	3.5	%
V _{max}	22.1	kV						

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

28 SCHNEIDER ELECTRIC, PowerLogic™ ION 7300 series User guide. Canadá: 2009. 70002-0162-05. 13-14 p.

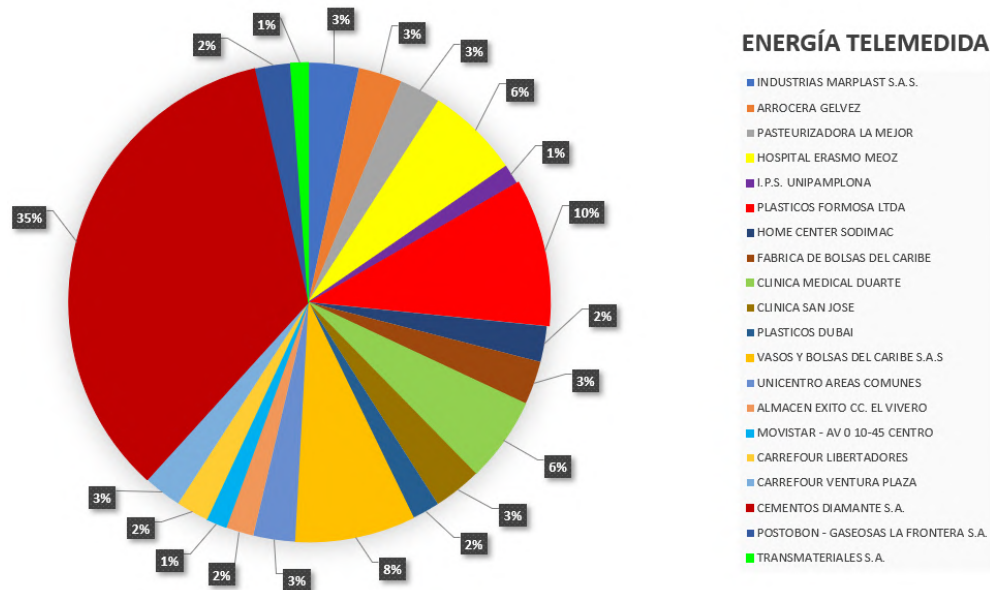
3.1.4 Digi TransPort WR21 (Telemedida)

Digi TransPort WR21 es un enrutador celular con todas las funciones que ofrece la flexibilidad de escalar desde básicas aplicaciones de conectividad a soluciones de enrutamiento y seguridad de clase empresarial. Con su alto rendimiento arquitectura, Digi TransPort WR21 está diseñado para conectividad de red de área amplia que incluye Redes 2.5G/3G/4G. Digi TransPort WR21 está disponible con una gama de Ethernet, serie (RS232, RS422 / 485) y alimentación opciones de conector. Digi TransPort WR21 también ofrece un enrutamiento avanzado opcional, seguridad y conjunto de funciones de firewall.²⁹

Incluyendo firewall de inspección con estado y VPN integrada. Los protocolos de clase empresarial incorporan BGP, OSPF y VRRP +, una tecnología patentada basada en el popular estándar de conmutación por error VRRP que proporciona detección automática, falla automática y recuperación automática de cualquier caída de línea.²⁹

Las mediciones de telemedida de los usuarios de los circuitos SANOL15, SANOL25, SANOL35, SANOL45 se obtuvieron para el mes de diciembre, estas mediciones constan de la potencia activa hora por día (KWhD) y la potencia reactiva hora por día (KVARhD) y se toman cada 15 minutos, no todos los usuarios pertenecientes a los circuitos cuentan con telemedida en las fronteras, los siguientes usuarios por su gran demanda tienen telemedida ver figura 29.

Figura 29. Diagrama del top de usuarios de mayor consumo



Fuente: Autor

²⁹ DIGI, Digi TransPort WR21 Datasheet. 2019 [citado 18 May, 2021]. Disponible en internet: https://www.digi.com/resources/library/data-sheets/ds_digitransportwr21

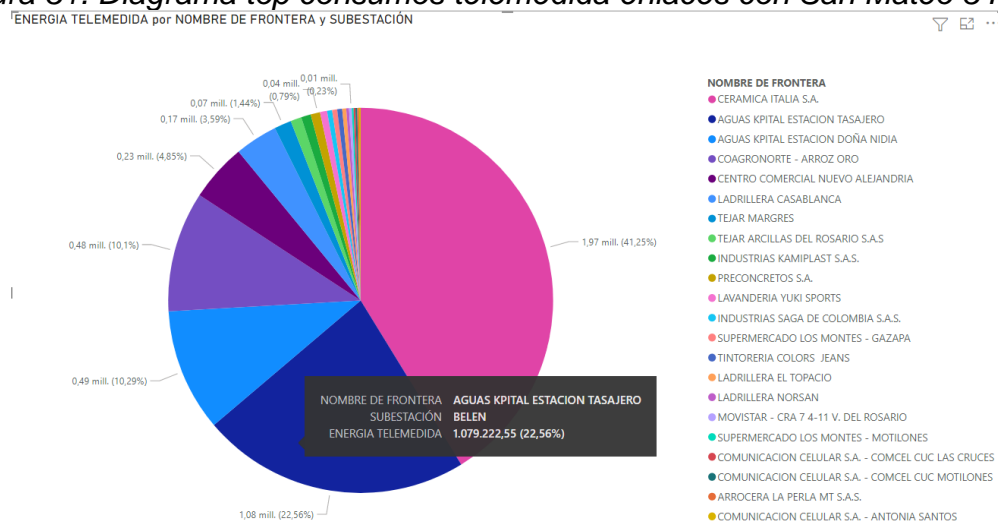
La figura 30 presenta los módems de teledemida ubicados en cada usuario que tiene esta medición para el patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo. Así mismo, se obtuvieron medidas de los usuarios de otras subestaciones que tienen enlace con San Mateo, estas subestaciones son (El Samán, Atalaya, Escobal, Ínsula y Belén) la selección de los usuarios se realizó mediante un top cinco de los que tienen mayor demanda de consumo, ver figura 31.

Figura 30. Módems Digi TransPort WR21 en las fronteras con los usuarios del patio de 34,5 kV



Fuente: CENS S.A. .E.S.P.

Figura 31. Diagrama top consumos teledemida enlaces con San Mateo 34,5 kV



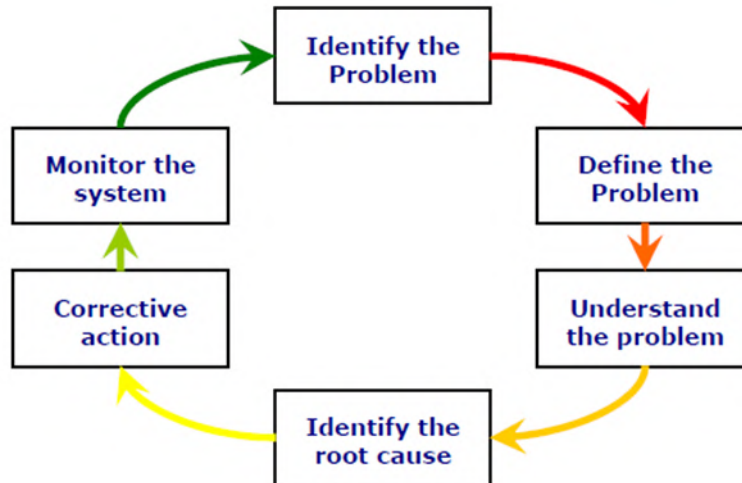
Fuente: Autor

3.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS CAUSA RAÍZ

“El Análisis Causa Raíz RCA Es una metodología estructurada de análisis, utilizada en la solución efectiva de problemas a través de la deducción, verificación e investigación de los incidentes que conducen a la identificación de las causas originales de falla y la definición de soluciones que permiten prevenir la ocurrencia, la recurrencia del evento y/o mitigar o eliminar sus consecuencias”.³⁰

“El análisis de causa raíz (RCA) es un método que se utiliza para abordar un problema o una no conformidad, con el fin de llegar a la "causa raíz" del problema. Se utiliza para corregir o eliminar la causa y evitar que el problema vuelva a ocurrir”³¹. A continuación, se muestran una serie de definiciones que resumen los puntos principales de esta técnica:

Figura 32. Procedimiento básico que define el análisis causa raíz.



Fuente: Mini guía para el análisis causa raíz.³¹

A continuación, se presentan una serie de conceptos acerca de la metodología empleada en este proyecto (análisis causa raíz):

✚ **Árbol de Falla:** “Representación gráfica de la lógica y niveles usados en el Análisis de Causa Raíz (RCA) para identificar las posibles causas raíz de las fallas”³⁰.

✚ **Causa Posible:** “Es una causa que podría resultar en un efecto igual al del problema”³⁰.

30 SKAVA CONSULTING S.A. Informe de estudio de causa raíz física proyecto hidroeléctrico Ituango. Antioquia: 2019. SKV373-003-001-INF-001-0. p. 5.

31 VORLEY, Geoff. Mini guía para el análisis causa raíz. Londres, Reino Unido: Gestión de calidad y formación (publicaciones), 2008. p. 3.

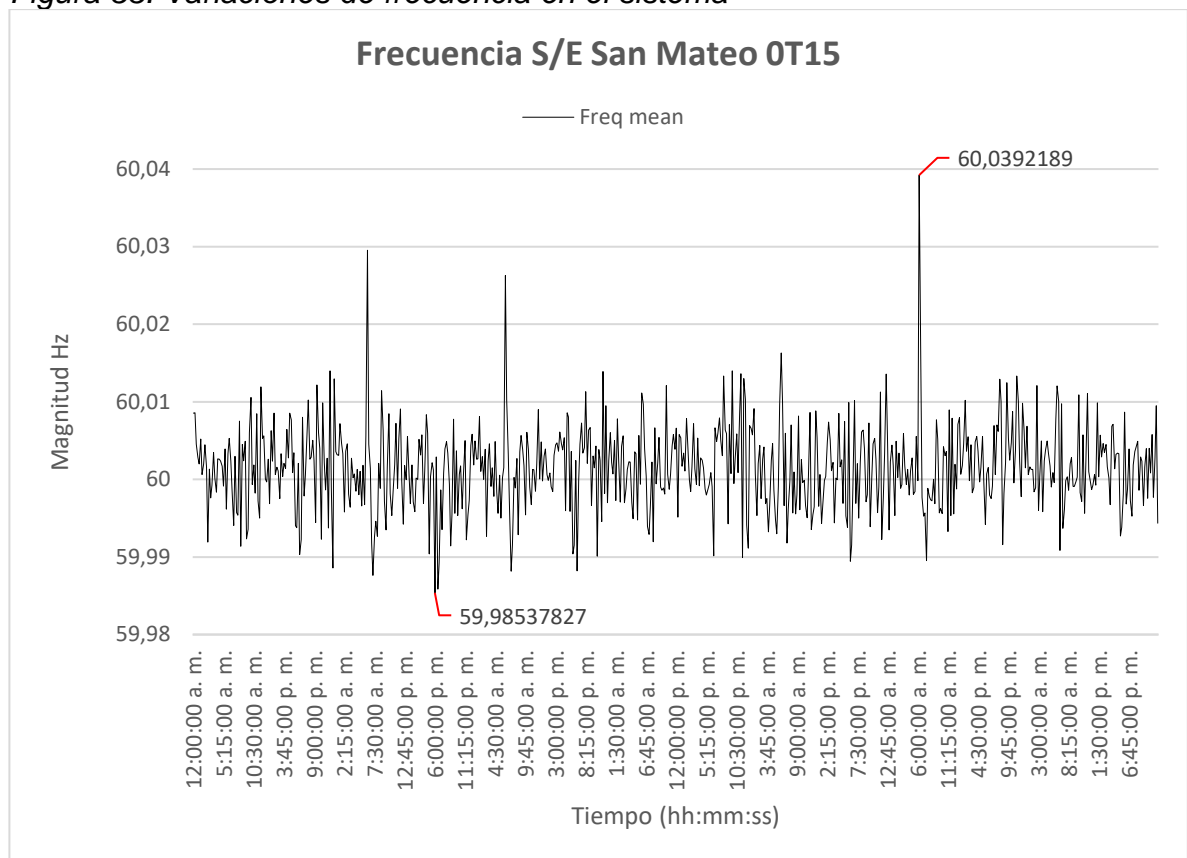
- ✚ **Causa Probable:** “Es la validación de una causa posible que, de manera razonable puede existir en la actualidad o durante el tiempo que se presenta el problema”³⁰.
- ✚ **Causa Raíz:** “Es la causa primaria que origina la ocurrencia de una falla. Pueden ser físicas (evidencias reales y medibles), humanas (por error u omisión) y latentes (falta de normatividad y procedimientos)”³⁰.
- ✚ **Causa Raíz Física:** “Es la causa de “por qué” está ocurriendo una falla”³⁰.
- ✚ **Factores Contribuyentes:** “Acciones o condiciones que no originan un evento por sí mismo, pero tienen influencia en él, incrementando su probabilidad, acelerando el efecto en el tiempo o incrementando la gravedad de las consecuencias. Eliminando los factores contribuyentes, no se elimina la probabilidad del evento”³⁰.
- ✚ **Falla:** “Ocurrencia o evento no planeado que se presenta en un componente, equipo, activo o sistema de activos y que resulta en daños o pérdidas”³⁰.
- ✚ **Hipótesis:** “Conjetura o suposición que se admite provisionalmente como causa para ser verificada o validada, si el resultado es verdadero, la misma se convierte en hecho”³⁰.
- ✚ **Validación:** “Confirmación de las hipótesis con base en información lógicamente correcta y apoyada en evidencias”³⁰.
- ✚ **Verificación:** “Confirmación mediante el aporte de evidencia objetiva de que se han cumplido requisitos especificados”³⁰.

4. ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA EN EL PATIO 34,5 KV DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN MATEO

4.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIA

En el Figura 33 se muestra el comportamiento de las variaciones de frecuencia medidas por el medidor de calidad de la energía ION 7650 ubicado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo. El registro de esta medición corresponde a la semana 53 del año 2020 (28 diciembre hasta el 03 enero del 2021). En la tabla 4, se muestran los valores estadísticos de las variaciones de frecuencia medidas, dichos valores son los más representativos.

Figura 33. Variaciones de frecuencia en el sistema



Fuente: Autor

Tabla 4. Valores estadísticos de frecuencia

Medidas de tendencia		Análisis de frecuencia	
Fecha/Hora	Descripción	F (Hz)	ΔF_k (%)
2/01/2021 6:15:00 a.m.	Máximo	60,0392189	0.065
29/12/2020 6:00:00 p.m.	Mínimo	59,9853782	-0.024
Promedio		60,0015061	0.000

Fuente: Autor

$$\Delta Fk(\%) = \frac{fk - fn}{fk} * 100 \quad (1)$$

Donde:

f_k : Frecuencia (f_{min} , f_{prom} , f_{max})

f_n : frecuencia nominal

Se obtuvo mediante el análisis de las variaciones de frecuencia que la máxima frecuencia fue 60.04 Hz en un porcentaje de variación del 0.065% de variación como frecuencia máxima y la frecuencia mínima registrada fue 59.98 Hz en un porcentaje -0.024% como se muestra en la Tabla 4. Estos valores están dentro del rango que establece la resolución CREG 025 1995 (código de operación). Por tanto, no habrá problema en la frecuencia del sistema y se puede deducir que el suministro en cuanto a frecuencia es de buena calidad.

4.2 ANÁLISIS DE TENSIONES

En la Tabla 5 se muestran los valores estadísticos de la medición de las tensiones URS, UST, UTR; dichos valores son los más representativos por fase. Mediante la ecuación (1) se calcula el porcentaje de error de la tensión para cada una de las fases, el cual nos sirve para determinar si las mediciones están dentro del rango que establece la norma NTC 1340.

Tabla 5. Valores estadísticos de tensión

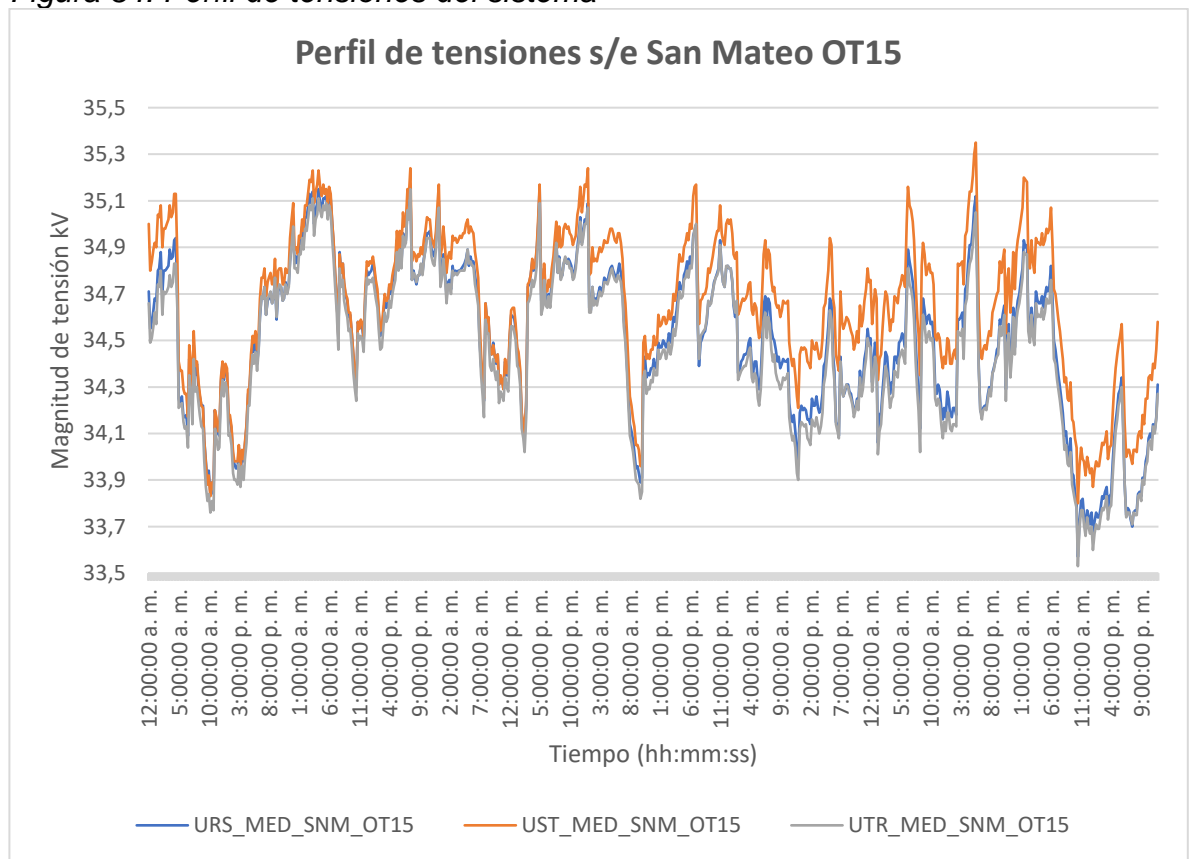
Medidas de tendencia		Análisis de voltaje (kV)		
Fecha/Hora	Descripción	U_RS	U_ST	U_TR
29/12/2020 7:30:00 p.m.	Máximo	35,16		35,15
3/01/2021 10:30:00 a.m.	Mínimo	33,57	33,8	33,53
2/01/2021 5:30:00 p.m.	Máximo		35,35	
Promedio		34,50	34,65	34,46
Δmáx. (%)		1.88	2.40	1.85
Δmin (%)		-2.77	-2.07	-2.89

Fuente: Autor

La norma NTC 1340 establece que para una tensión de 34,5 kV los valores de tensión máxima no deben ser mayor al +5 % de la tensión nominal y la tensión mínima al -10 % de la tensión nominal. Por lo tanto, se puede apreciar de la Tabla 5 que los valores se mantienen dentro del rango permisible, siendo 2.4% y -2.89% los extremos con respecto a la tensión nominal de 34,5 kV del autotransformador. Por esta razón, no se asume problema alguno en el perfil de tensiones del sistema y se puede inferir que el suministro de tensión se encuentra en óptimas condiciones.

En el Figura 34 se muestra el comportamiento de las variaciones de tensión medidas en las tres fases por el medidor de calidad de la energía ION 7650 ubicado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo. El registro de esta medición corresponde a la semana 53 del año 2020 (28 diciembre hasta el 03 enero del 2021). Estas variaciones de tensión oscilan entre 33,5 kV y 35,5 kV, como se pudo observar no hay variaciones respecto a los límites de +5% a -10%. Por lo cual se valida que las variaciones de larga duración (>1 min) que pueden ser sobretensiones o subtensiones no se presentaron en el sistema.

Figura 34. Perfil de tensiones del sistema

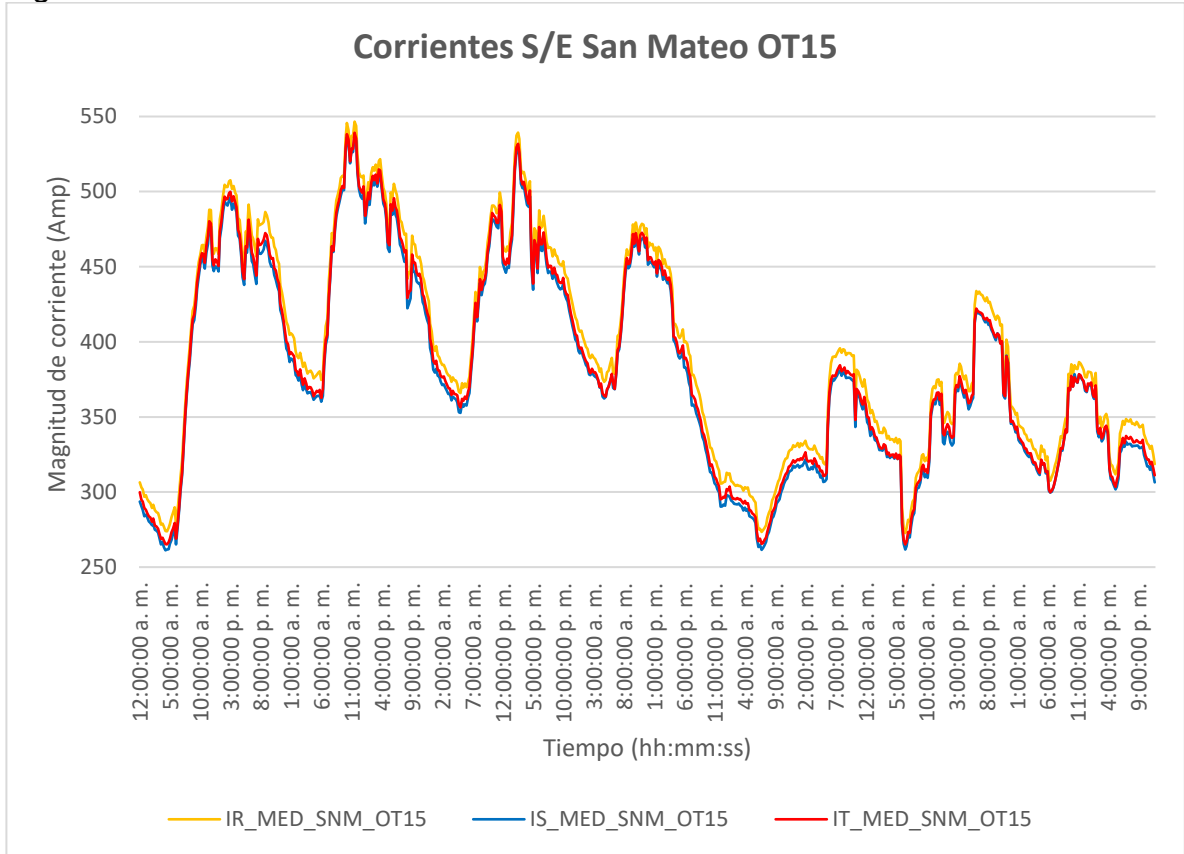


Fuente: Autor

4.3 ANÁLISIS DE CORRIENTE

En la figura 35 se aprecia el comportamiento de las variaciones de corrientes en las tres fases medidas por el medidor de calidad de la energía ubicado en el módulo de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo, estos registros comprenden a la semana 53 del año 2020. En estas curvas se pueden apreciar un comportamiento súbito en el horario de las 6 a.m. que es justo cuando se encienden las grandes cargas demandando más corriente.

Figura 35. Perfil de corrientes del sistema



Fuente: Autor

En la tabla 6 se resumen los valores estadísticos más significativos para el perfil de corrientes. Estos valores enuncian las magnitudes de corriente mínimas, máximas y el promedio para cada fase; los valores mostrados reflejan que el valor de la corriente disminuye en las horas de la madrugada entre las 4:00:00 a.m. hasta las 7:00:00 a.m.; a partir de esta hora comienza a subir el valor de la corriente que es cuando se encienden las grandes cargas conectadas a las celdas del patio 34,5 kV de la subestación San Mateo.

Tabla 6. Valores estadísticos de corriente

Medidas de tendencia		Análisis de corriente (Amp)		
Fecha/Hora	Descripción	IR	IS	IT
29/12/2020 11:30:00 a.m.	Máximo	546,61		539,2
2/01/2021 6:30:00 a.m.	Mínimo	272,69		
29/12/2020 10:15:00 a.m.	Máximo		536,4	
28/12/2020 4:15:00 a.m.	Mínimo		261,19	
28/12/2020 4:30:00 a.m.	Mínimo			265,16
Promedio		394,00	381,36	384,59

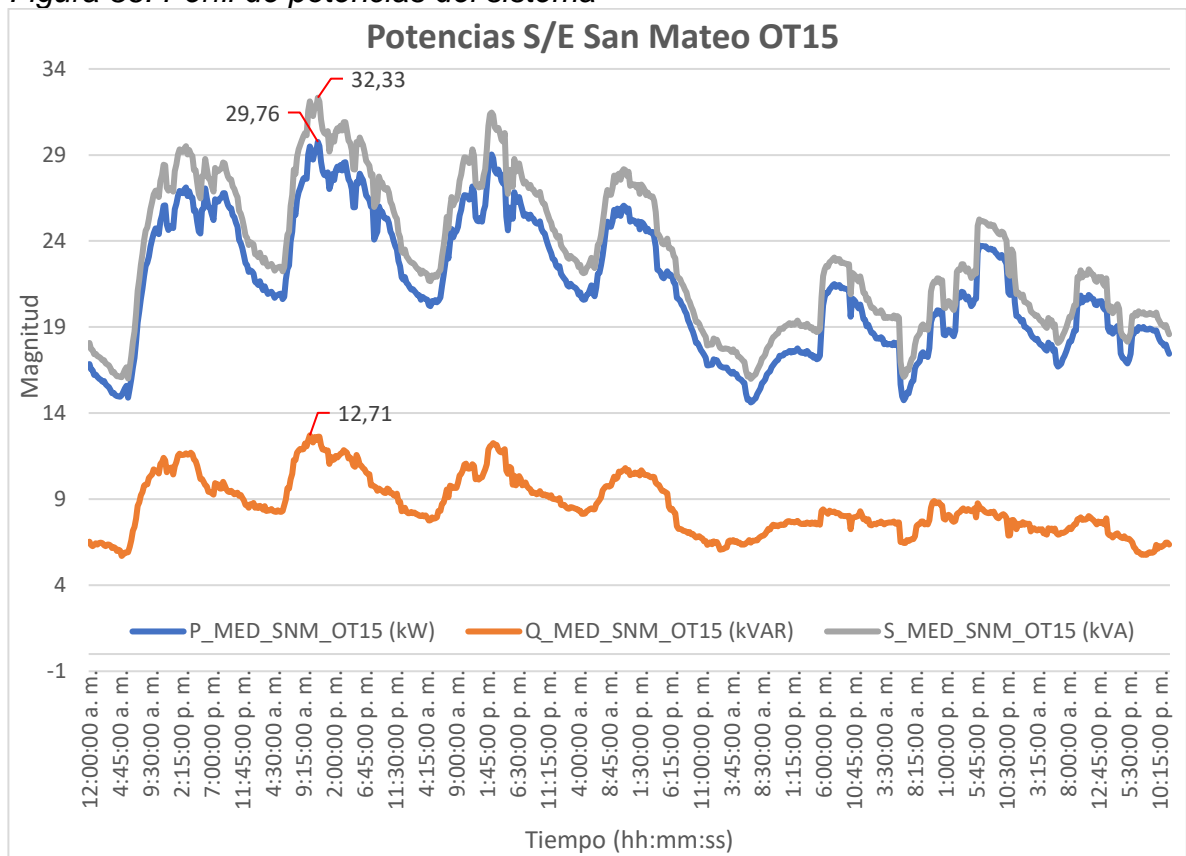
Fuente: Autor

4.4 ANÁLISIS DE POTENCIAS

El autotransformador instalado en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo tiene las siguientes características TRAFOS-07 115/34.5/13.8 kV 30/47 MVA. Este autotransformador alimenta el consumo de un gran número de usuarios residenciales, comerciales e industriales. En la figura 36 se aprecia el comportamiento de la potencia activa, reactiva y aparente medidas por el medidor de calidad de la energía ION 7650, estas potencias presentan valores máximos para el periodo desde el 28 diciembre hasta el 31 de diciembre. En cuanto al periodo desde el 01 enero hasta el 03 de enero se puede observar que las potencias disminuyen significativamente.

Así mismo, la gráfica muestra un comportamiento muy similar a lo largo de diciembre, las potencias aumentan cuando se conectan las cargas de mayor demanda como lo son CEMENTOS DIAMANTE S.A., PLASTICOS FARMOSA LTDA, VASOS Y BOLSAS DEL CARIBE S.A.S, CLINICA MEDICAL DUARTE, HOSPITAL ERASMO MEOZ, entre otras.

Figura 36. Perfil de potencias del sistema



Fuente: Autor

En la tabla 7 se resume el registro de las mediciones obtenidas en la semana 53 del año 2020, se muestran los valores estadísticos mínimos, promedio y máximos de las potencias activa, reactiva y aparente. De los datos mostrados se puede constatar que las potencias máximas son presentadas el 29 de diciembre en horas de la mañana. Al registrarse este valor de potencia aparente máxima el autotransformador tendría una cargabilidad del 68.79%, por lo cual el transformador no estaría sobrecargado. En cuanto a las potencias mínimas se presentaron el 28 de diciembre y el 01 de enero del 2021. De esta forma se puede comprobar el comportamiento que tiene la gráfica 28 para el mes de enero.

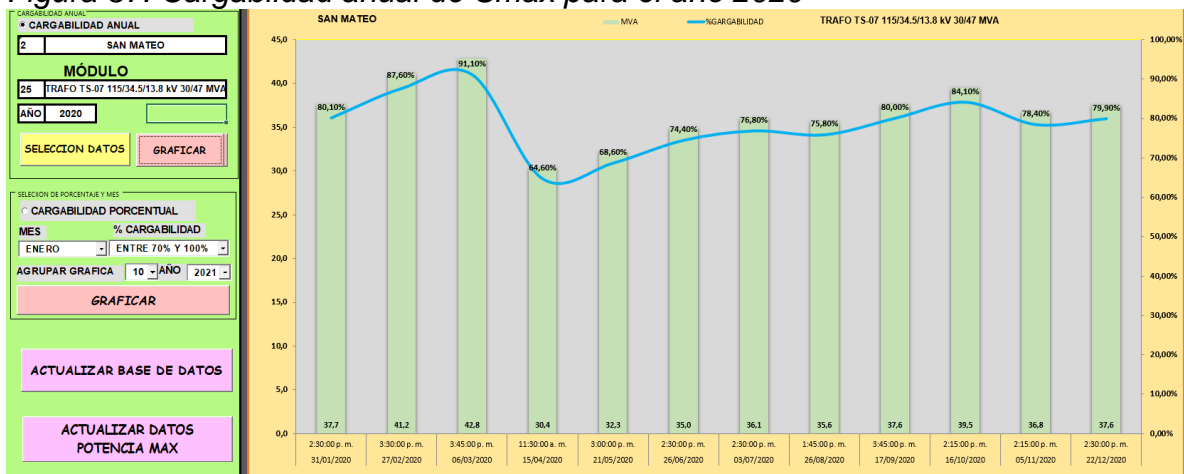
Tabla 7. Valores estadísticos de las potencias

Medidas de tendencia		Análisis de potencias		
Fecha/Hora	Descripción	Activa MW	Reactiva MVAR	Aparente MVA
29/12/2020 11:30:00 a.m.	Máximo	29,76		32,33
1/01/2021 6:45:00 a.m.	Mínimo	14,62		15,99
29/12/2020 10:15:00 a.m.	Máximo		12,71	
28/12/2020 5:00:00 a.m.	Mínimo		5,7	
Promedio		21,46	8,58	23,12

Fuente: Autor

En la figura 37 se muestra la cargabilidad anual del 2020 para el autotransformador instalado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV de la subestación San Mateo. La cargabilidad registrada en el mes de diciembre es de 79,90% con un valor de Smax de 37,6 MVA presentado el 22 de diciembre del 2020. Este registro porcentual no se encuentra entre la semana 53, pero se puede apreciar que la cargabilidad registrada a lo largo del año 2020 presenta un promedio del 78,45%.

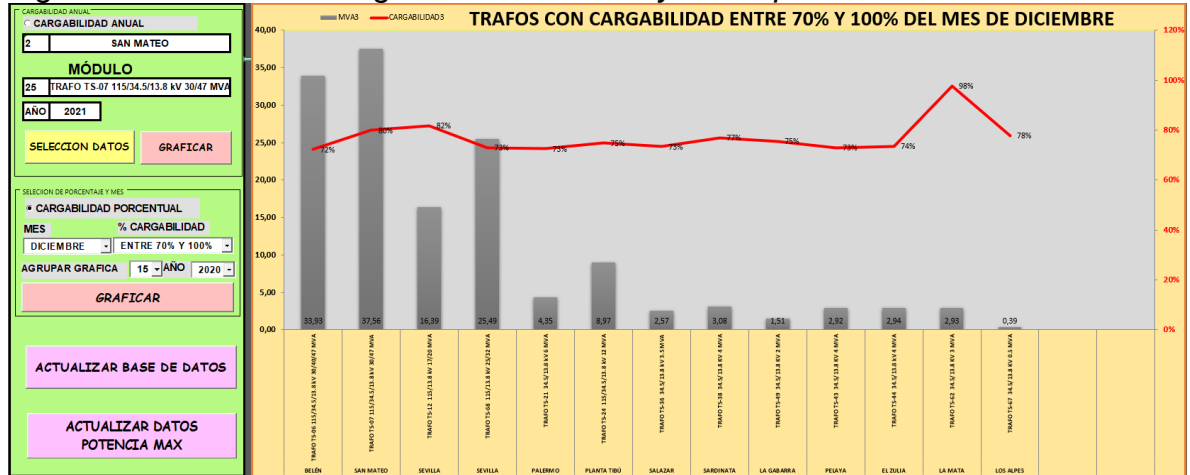
Figura 37. Cargabilidad anual de Smax para el año 2020



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

En la figura 38 se muestran los transformadores con cargabilidad entre el 70% y 100% para el mes de diciembre. Se puede observar que el autotransformador instalado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV de la subestación San Mateo presenta una cargabilidad de aproximadamente 80% con un valor de Smax de 37,56 MVA. Este registro porcentual nos permite deducir que el transformador no se encuentra sobrecargado y que opera en óptimas condiciones.

Figura 38. Trafos con Cargabilidad entre 70% y 100% para diciembre



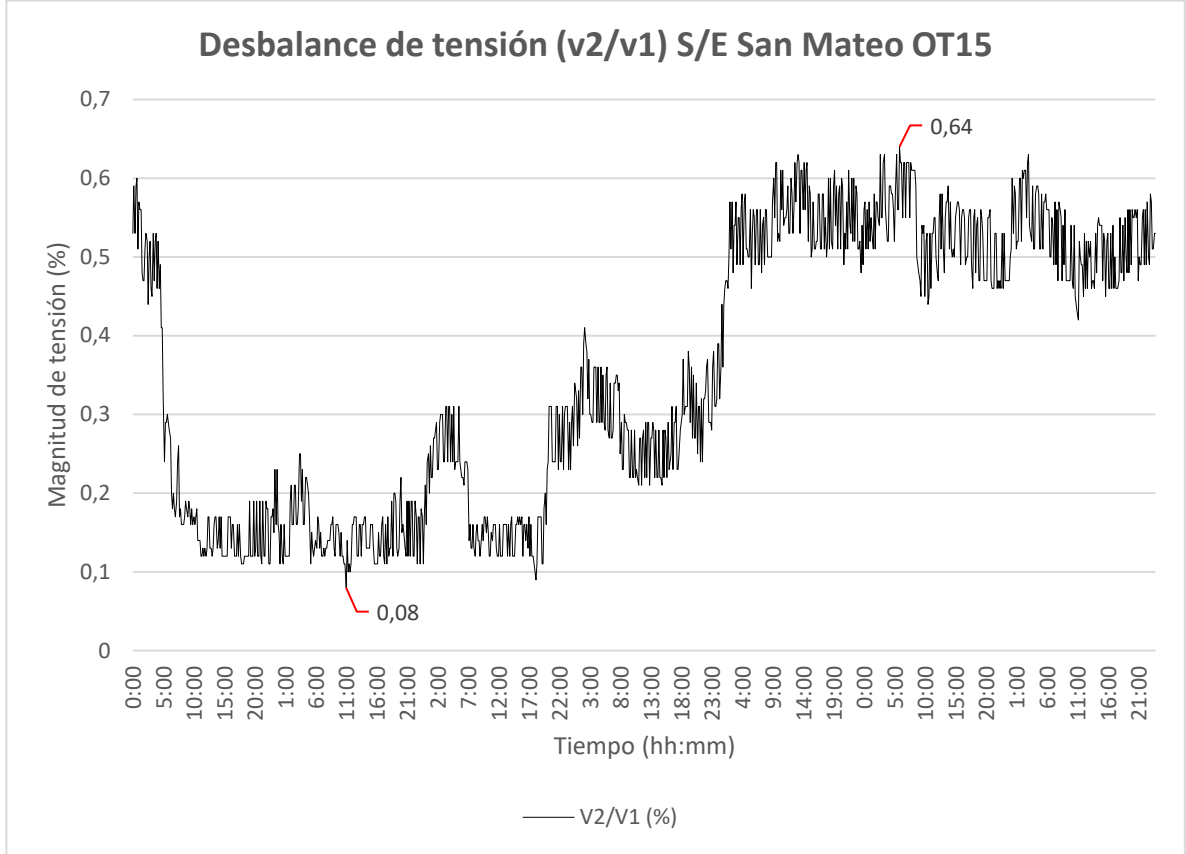
Fuente: CENS S.A. E.S.P.

4.5 DESBALANCE DE TENSION

Los datos suministrados por el medidor de calidad de la energía ubicado en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo acerca del desequilibrio de tensión son almacenados en los registros CEL_Semana_53_SANOT15 tal como lo indica el artículo 4 literal f de la resolución CREG 024 2005. En la figura 39 se muestra el comportamiento de los desbalances de tensión presentados en el módulo de 34,5 kV de San Mateo, el cual está dado en porcentaje, indicando que su escala inicia desde 0 a 0,7%.

De acuerdo con la norma IEEE 1159 de [2009], el desbalance de tensión de un sistema debe tener una magnitud típica de voltaje entre 0.5 hasta 2%. Se observa de la figura 39 que para el periodo del 28 de diciembre hasta el 31 de diciembre existen variaciones que alcanzan hasta 0,08% de magnitud de voltaje. Por lo cual, se deduce que el sistema sufrió desbalances significativos para ese periodo, mientras que para 01 de enero hasta 03 de enero los desbalances de tensión se encontraban en un rango más permisible.

Figura 39. Desbalance de tensión en el sistema



Fuente: Autor

En la tabla 8 se resumen los registros de las mediciones obtenidas por los medidores de calidad de la energía, se muestran los valores estadísticos mínimos, promedio y máximos de los desbalances de tensión. De los datos mostrados se puede constatar que el sistema se encuentra desbalanceado desde el 29 de diciembre alcanzando un porcentaje mínimo de 0,08%, mientras que su desbalance máximo de 0,64% se presenta en enero y se encuentra en un rango permitido por la norma IEEE 1159 de [2009]. Por esta razón, se puede inferir que la calidad de la energía en cuanto a desbalance de tensión es mala.

Tabla 8. Valores estadísticos de los desbalances de voltaje

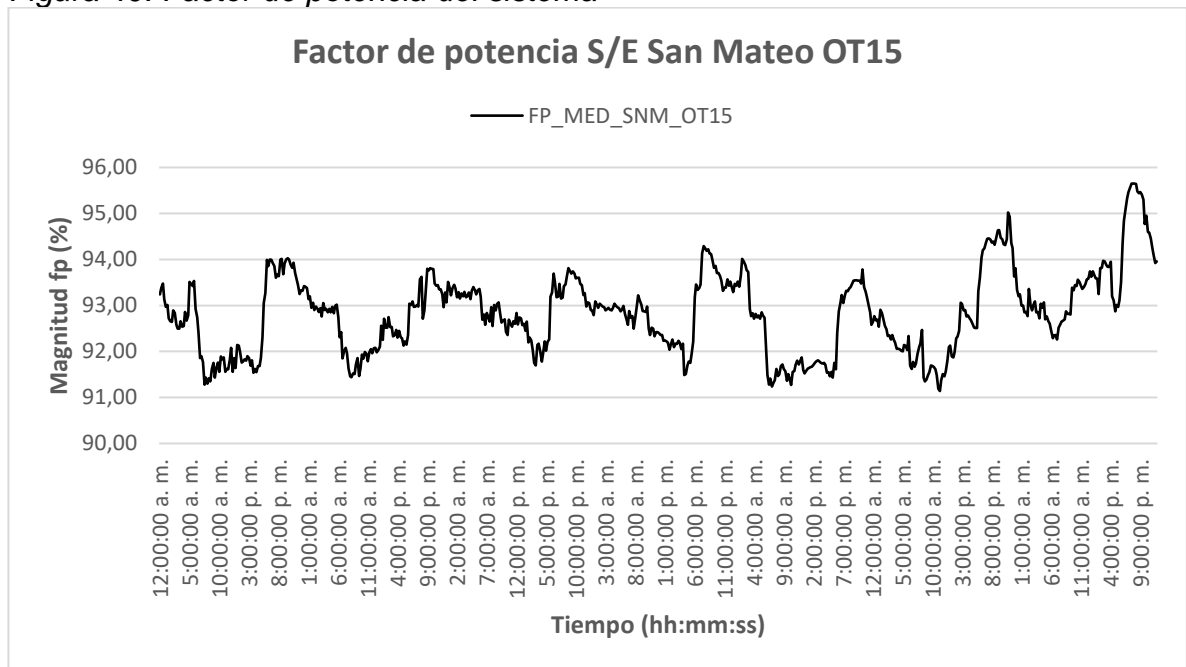
Medidas de tendencia		Análisis desbalance de tensión
Fecha/Hora	Descripción	V2/V1 (%)
2/01/2021 5:50:00 a.m.	Máximo	0,64
29/12/2020 11:00:00 a.m.	Mínimo	0,08
Promedio		0,35
Moda		0,12

Fuente: Autor

4.6 ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA

Los datos suministrados por el medidor de calidad de la energía ubicado en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo acerca del factor de potencia son almacenados en los registros SCADA. El registro de esta medición corresponde a la semana 53 del año 2020 (28 diciembre hasta el 03 enero del 2021). En la figura 40 se muestra el comportamiento del factor de potencia medido en el módulo de 34,5 kV de San Mateo, el cual está dado en porcentaje, indicando que su escala inicia desde 90% a 96% (0.9-0.96).

Figura 40. Factor de potencia del sistema



Fuente: Autor.

De acuerdo con la resolución CREG 047 del 2004, el factor de potencia inductivo del sistema debe tener una magnitud mayor o igual a (0.9). Por lo tanto, se puede apreciar de la Tabla 10 que los valores se mantienen dentro del rango permisible, siendo 95.65% y 91.14% los extremos con respecto al rango permitido de 90% (0.9). Por esta razón, no se asume problema alguno y se puede inferir que el factor de potencia sistema se encuentra en óptimas condiciones.

Tabla 9. Valores estadísticos del factor de potencia

Medidas de tendencia		Análisis de Factor de Potencia
Fecha/Hora	Descripción	FP_MED_SNM_OT15
2/01/2021 11:15:00 a.m.	Mínimo	91,14
3/01/2021 7:30:00 p.m.	Máximo	95,65
Promedio		92,83

Fuente: Autor.

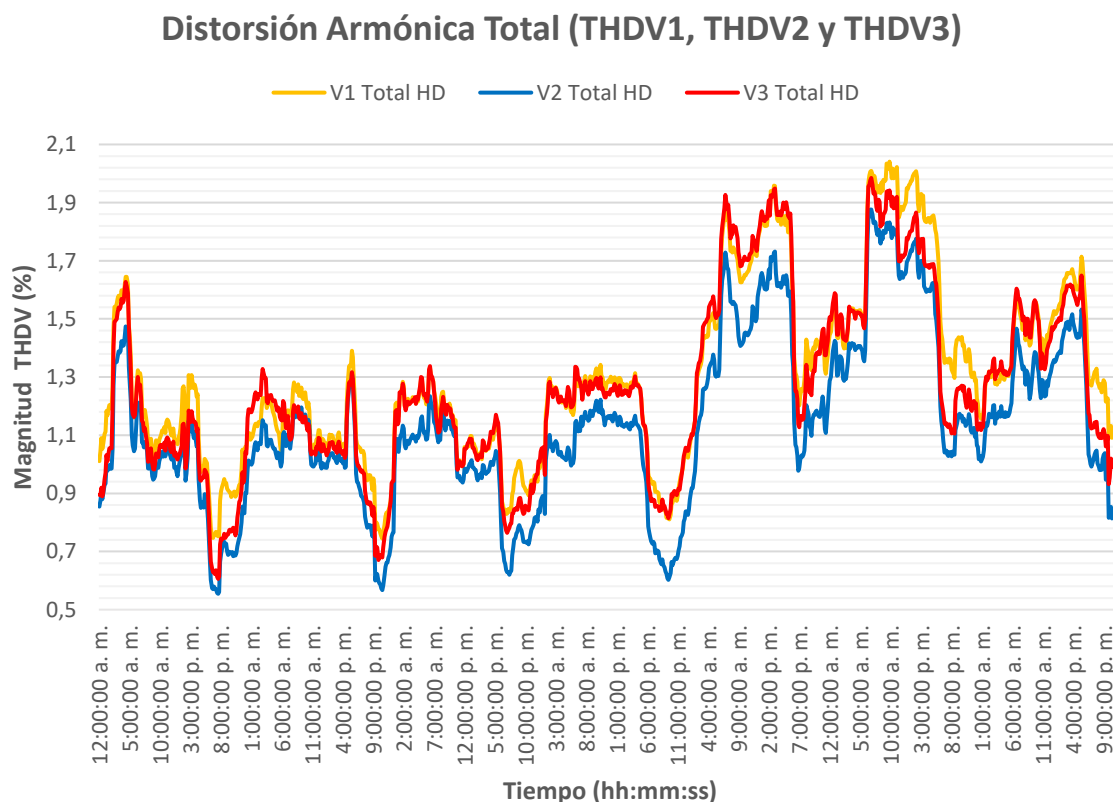
4.7 ANÁLISIS DE ARMÓNICOS

"Existen dos tipos de armónicos, los impares y los pares. Los armónicos impares son los que se encuentran en las instalaciones eléctricas, industriales y edificios comerciales. Los armónicos de orden par solo existen cuando hay asimetría en la señal debida a la componente continua"⁹.

4.7.1 Armónicos de tensión THDV

Los datos suministrados por el medidor de calidad de la energía ubicado en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo acerca de la distorsión armónica total de voltaje THDV se muestran en la figura 41 el cual está dado en porcentaje, indicando que su escala inicia desde 0,5% a 2,1%. El registro de esta medición corresponde a la semana 53 del año 2020 (28 diciembre hasta el 03 enero del 2021).

Figura 41. Distorsión armónica total de V1, V2, V3 del sistema



Fuente: Autor

9 QUISPE, Alan Gabriel. Análisis de la calidad de energía eléctrica en sistemas de distribución de baja tensión - salida i s.e. Bellavista. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Electricista. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. 173p.

De acuerdo con la [Tabla 3](#) y haciendo énfasis en la norma IEEE 519 [2014], la distorsión armónica total del sistema para un nivel de tensión 3 no debe ser mayor al 5% de magnitud. Por lo tanto, se puede apreciar en la Tabla 10 que los valores para las fases V1, V2 y V3 se mantienen dentro del rango permisible, siendo 2,041% y 0,554% los extremos con respecto al rango permitido de < 5%. Por esta razón, no se asume problema alguno y se puede inferir que la distorsión armónica total del sistema es de buena calidad y se encuentra bajo los requerimientos de la norma IEEE 519 [2014] y la resolución CREG 024 2005.

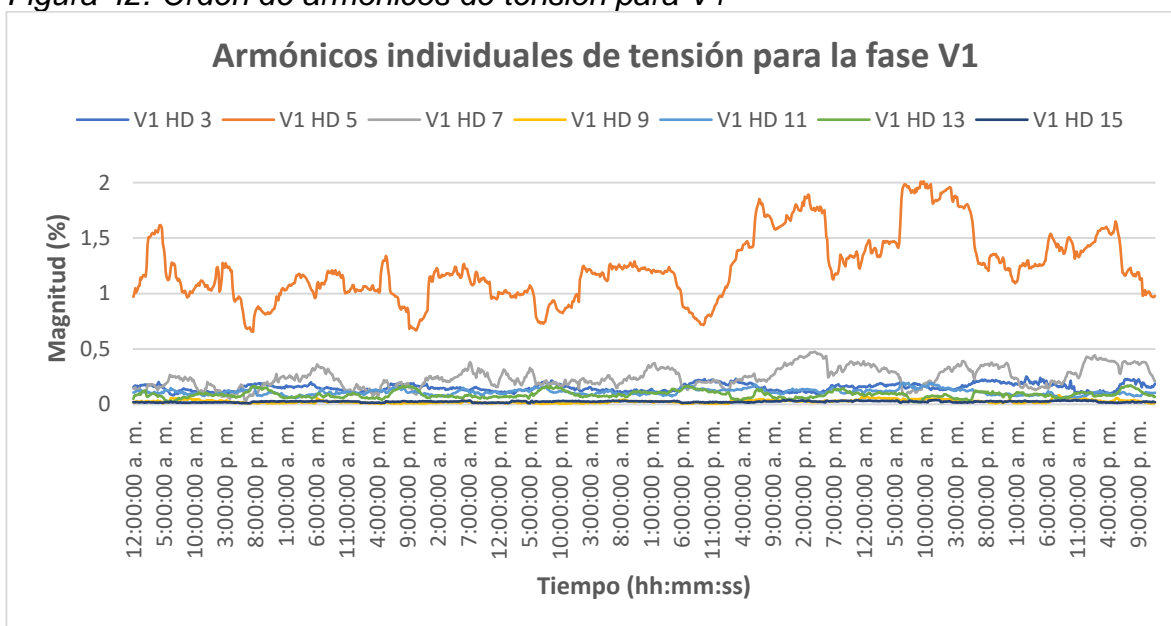
Tabla 10. Valores estadísticos del THDV para V1,V2,V3

Punto medido SAN MATEO OT15		Registros 1008 (28dic-03-ene, 10 min)			
Medidas de tendencia		THDV			Cumple CREG 016-2007
Fecha/Hora	Descripción	V1	V2	V3	SI
2/01/2021 9:50:00 a.m.	Máximo	2,041			SI
29/12/2020 10:30:00 p.m.	Mínimo	0,744			SI
2/01/2021 6:50:00 a.m.	Máximo		1,876	1,984	SI
28/12/2020 7:30:00 p.m.	Mínimo		0,554	0,605	SI
Promedio		1,298	1,139	1,260	SI

Fuente: Autor

En la figura 42 se muestra el orden de los armónicos de tensión para la fase V1, cabe aclarar que los registros obtenidos incluían únicamente los armónicos de orden 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15. En este grafico se puede apreciar que el armónico de orden 5 es el de mayor incidencia, pero aun así todos los armónicos cumplen con la recomendación de la norma IEEE 519 de 2014.

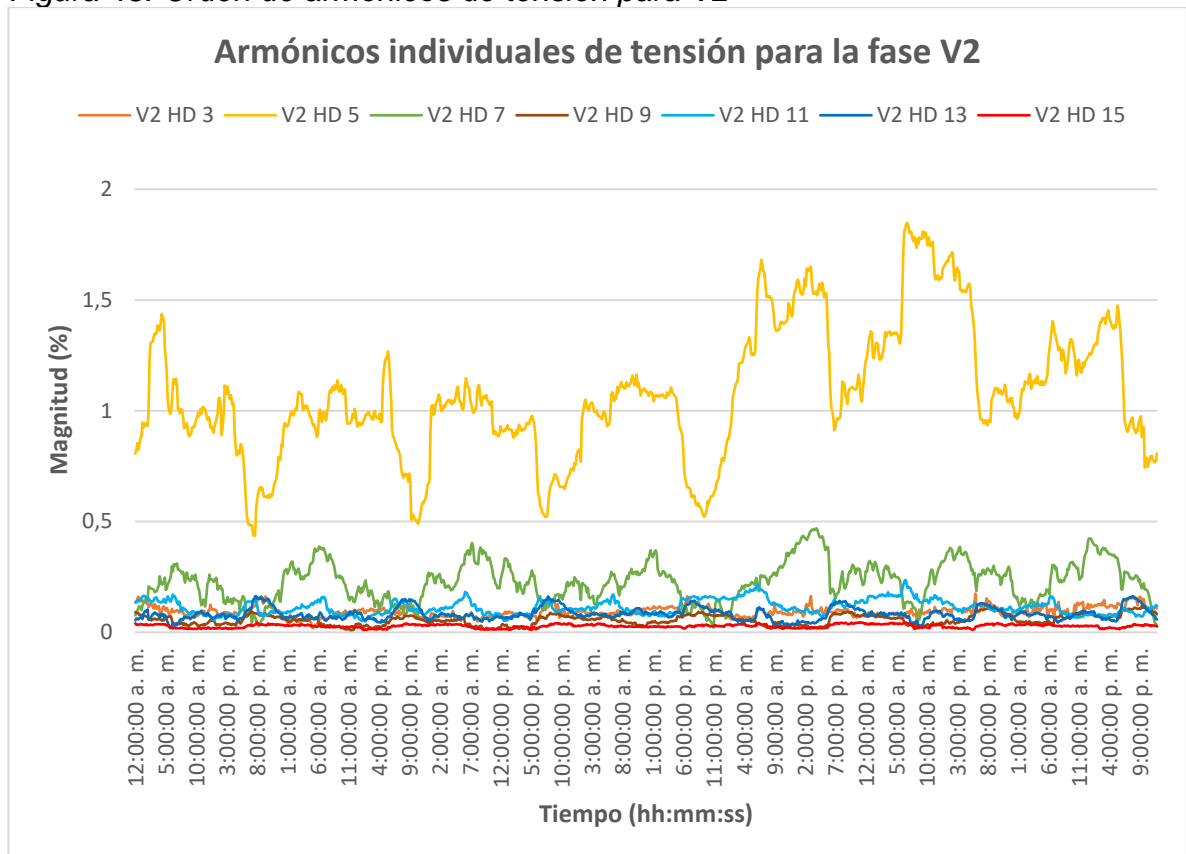
Figura 42. Orden de armónicos de tensión para V1



Fuente: Autor

En la figura 43 se muestra el orden de los armónicos de tensión para la fase V2, cabe aclarar que los registros obtenidos incluían únicamente los armónicos de orden 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15. En este grafico se puede apreciar que el armónico de orden 5 es el de mayor incidencia, pero aun así todos los armónicos cumplen con la recomendación de la norma IEEE 519 de 2014.

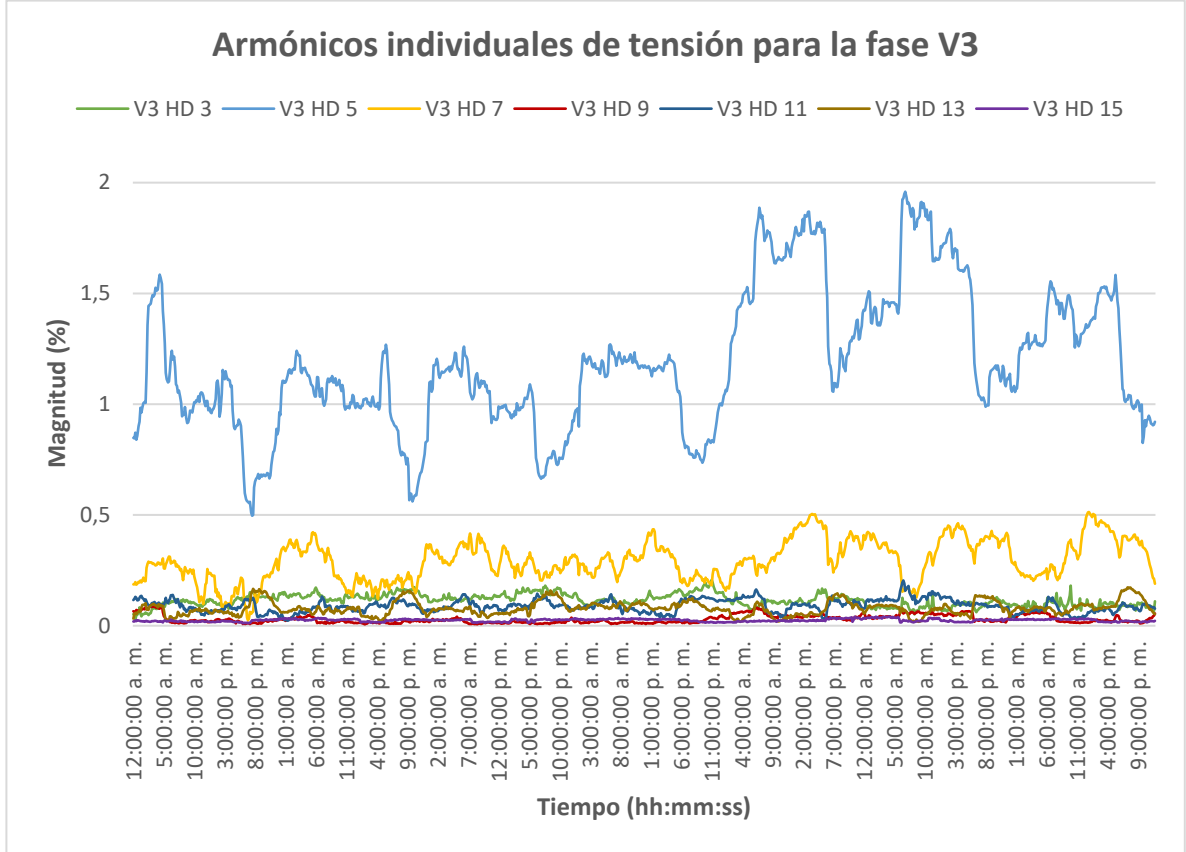
Figura 43. Orden de armónicos de tensión para V2



Fuente: Autor

En la figura 44 se muestra el orden de los armónicos de tensión para la fase V3, cabe aclarar que los registros obtenidos incluían únicamente los armónicos de orden 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15. En este grafico se puede apreciar que el armónico de orden 5 es el de mayor incidencia, siguiéndole el armónico de orden 7 y luego el armónico de orden 3, los cuales son los armónicos que más afectan los sistemas de energía. Pero aun así todos los armónicos cumplen con la recomendación individual del orden armónico menor al 3% según la norma IEEE 519 de 2014.

Figura 44. Orden de armónicos de tensión para V3

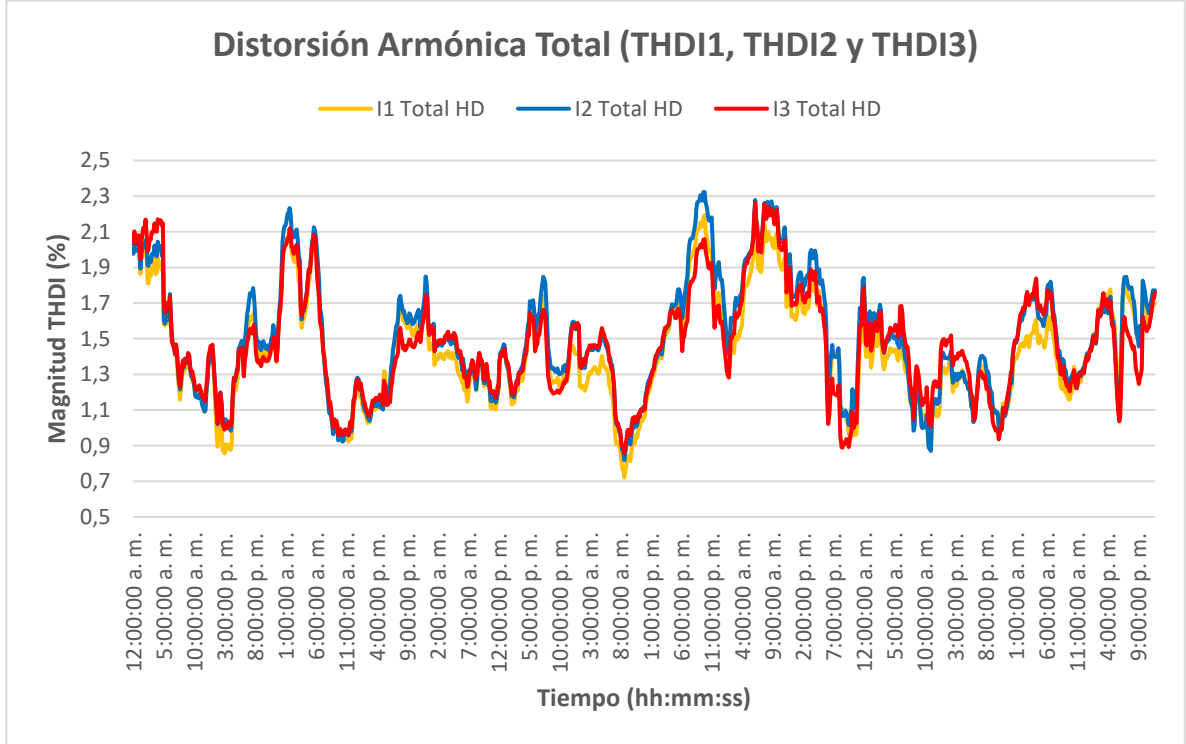


Fuente: Autor

4.7.2 Armónicos de corriente THDI

Los datos suministrados por el medidor de calidad de la energía ubicado en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo acerca de la distorsión armónica total de corriente THDI se muestran en la figura 45 el cual está dado en porcentaje, indicando que su escala inicia desde 0,5% a 2,5%. El registro de esta medición corresponde a la semana 53 del año 2020 (28 diciembre hasta el 03 enero del 2021).

Figura 45. Distorsión armónica total de I1, I2, I3 del sistema



Fuente: Autor

En la Tabla 2 de la norma IEEE 519 [2014] se muestran los límites de la distorsión armónica de corriente para sistemas clasificados (120v hasta 69KV), esta tabla es útil para un nivel de tensión de 34.5 kV. Para este cálculo se necesita de dos medidas de corriente (I_{sc} , I_L), la corriente I_{sc} fue solicitada al equipo de trabajo de CENS, la corriente I_L la calculamos con las características del transformador.

Calculamos los datos del punto de medida SMOT15:

$$I_{sc} = 6.42 \text{ kA}$$

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L} = \frac{47 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 34.5 \text{ kV}} = 786.5 \text{ A}$$

Luego hallamos el rango de los armónicos de corriente con la siguiente ecuación:

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{6.42 \text{ kA}}{786.5 \text{ A}} = 8.163$$

El resultado anterior nos da una relación de 8.163, entonces en la Tabla 2 de la IEEE 519 de 2014 escogemos los valores de los armónicos de corriente $I_{sc}/I_L < 20$, para los armónicos de orden ($3 \leq h < 11$) tienen un valor de 4.0 % y los armónicos de orden ($11 \leq h < 17$) tienen un valor de 2.0 %.

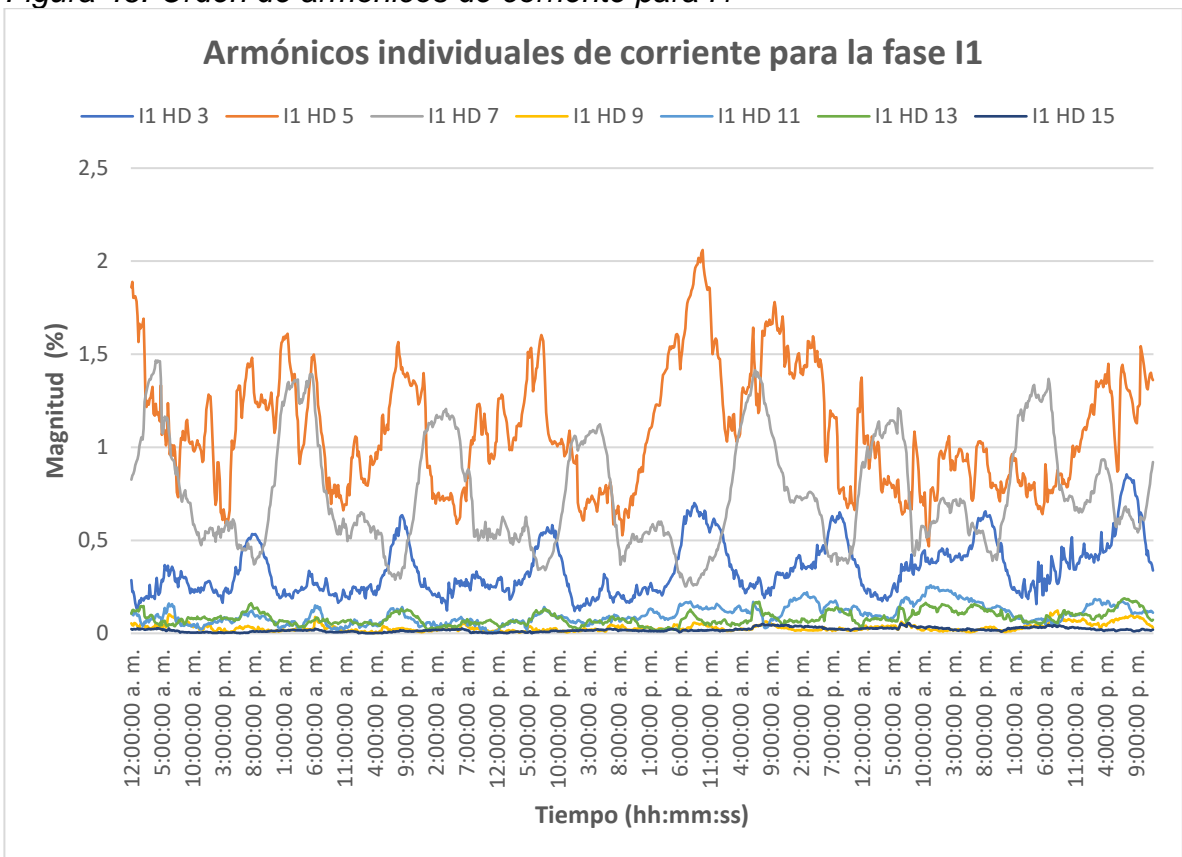
En la Tabla 10 se resumen los valores máximos, mínimos y promedio para el THDI de las fases I1, I2 y I3. En cuanto al orden de los armónicos individuales podemos ver en las figuras 46, 47 y 48 que el rango de armónicos ($3 \leq h < 11$) cumplen con el límite exigido siendo el armónico de orden 5 el que más incide, pero aun así se encuentra de lo permisible. Para el rango de los armónicos ($11 \leq h < 17$) se cumplen para cada una de las fases

Tabla 11. Valores estadísticos del THDI para I1, I2, I3

Medidas de tendencia		Distorsión Armónica Total THDI		
Fecha/Hora	Descripción	I1	I2	I3
31/12/2020 8:40:00 a.m.	Mínimo	0,720	0,817	0,857
31/12/2020 9:50:00 p.m..	Máximo	2,193	2,323	
1/01/2021 6:10:00 a.m.	Máximo			2,262
Promedio		1,432	1,5	1,467

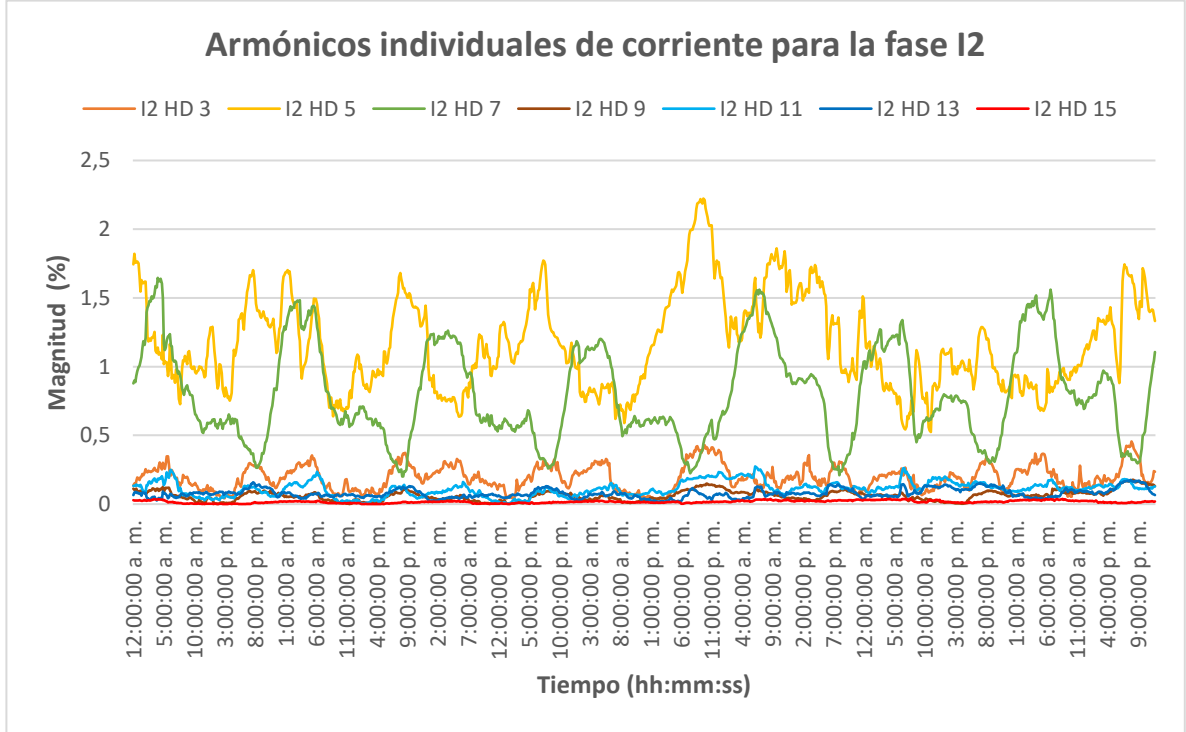
Fuente: Autor

Figura 46. Orden de armónicos de corriente para I1



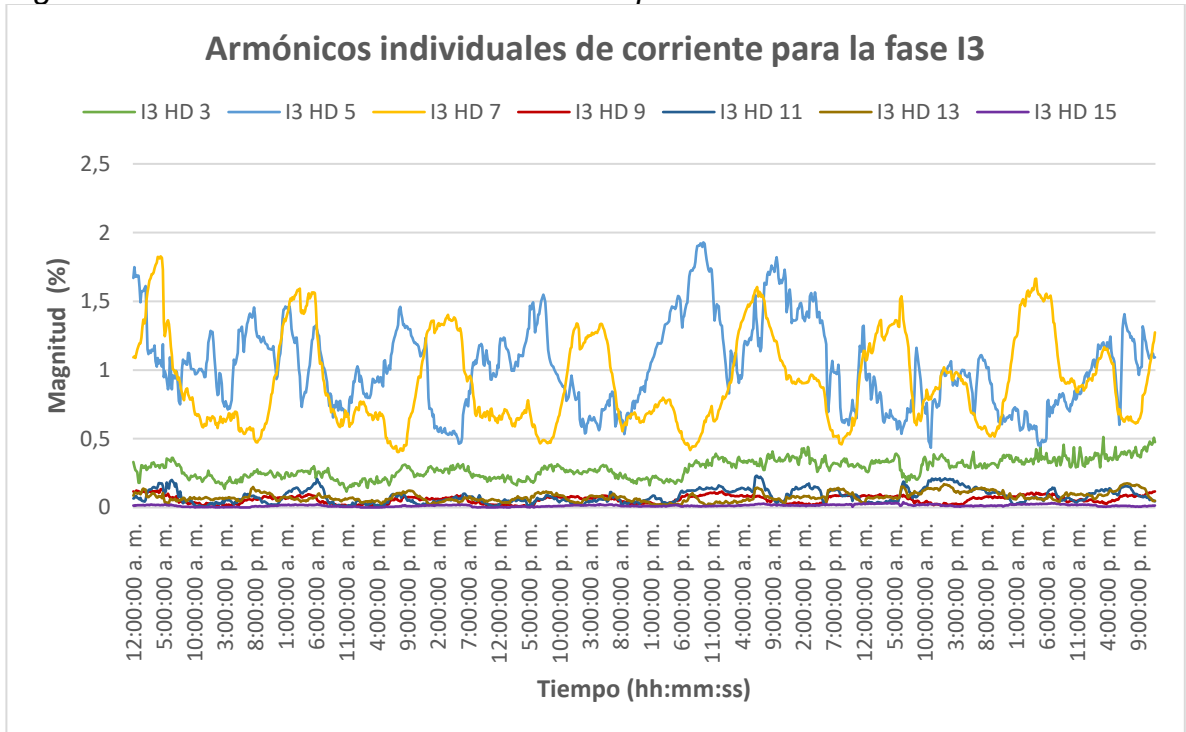
Fuente: Autor

Figura 47. Orden de armónicos de corriente para I2



Fuente: Autor

Figura 48. Orden de armónicos de corriente para I3



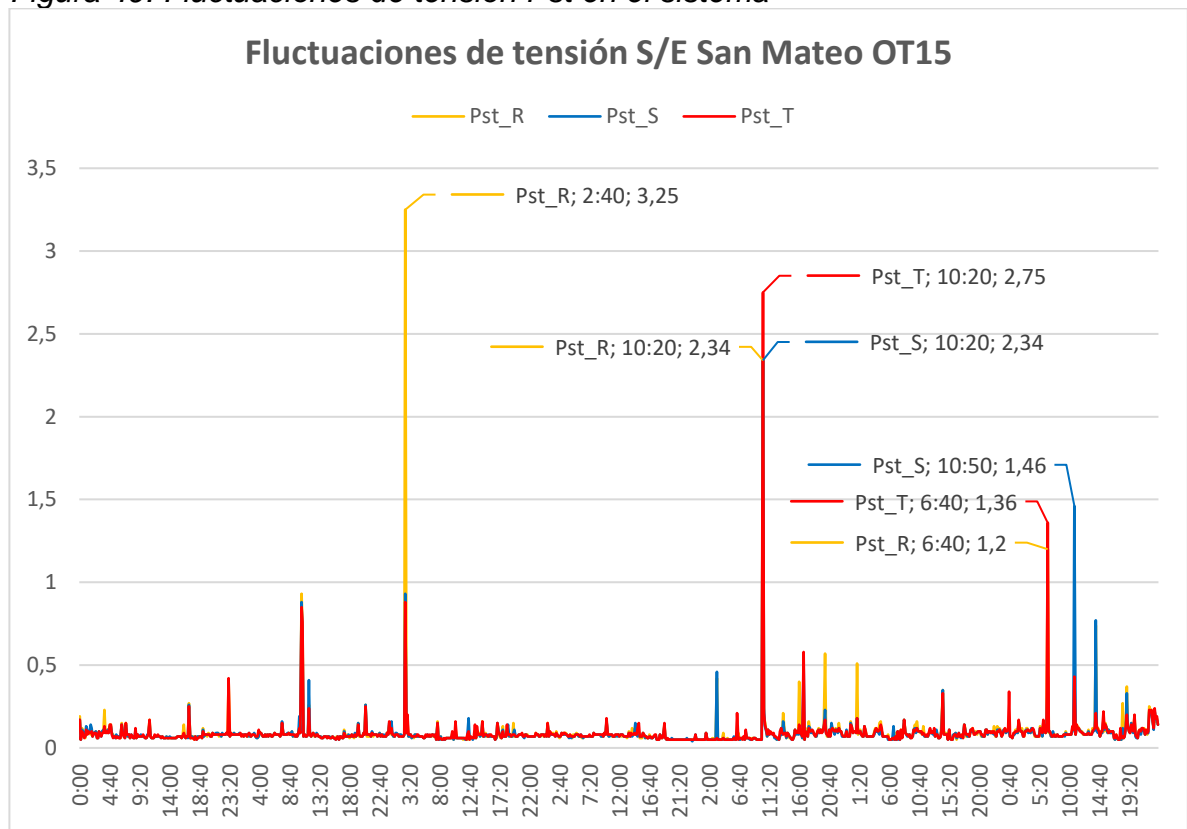
Fuente: Autor

4.8 FLUCTUACIONES DE TENSIÓN (FLICKER)

4.8.1 Pst (Flicker Short time)

Los datos suministrados por el medidor de calidad de la energía ubicado en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo acerca de las fluctuaciones de tensión (Flicker Short time Pst) son almacenados en los registros CEL_Semana_53_SANOT15 durante un periodo de tiempo corto 10 minutos. En la figura 49 se muestra una representación gráfica de las fluctuaciones de tensión de corta duración (Pst) para cada una de las fases Pst_R, Pst_S y Pst_T.

Figura 49. Fluctuaciones de tensión Pst en el sistema



Fuente: Autor

De acuerdo con la norma IEEE 519 de 2014, quien enuncia a la normativa IEEE 1453 de 2015 que es una práctica recomendada para el análisis de instalaciones fluctuantes. En esta última norma se especifican los niveles de planificación recomendados para el parpadeo, siendo así que el valor del Pst debe ser menor o igual a 0.9 y el valor del Plt debe ser menor o igual a 0.7 para un nivel de media tensión.³²

32 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice for the Analysis of Fluctuating Installations on Power Systems. IEEE Std 1453. New York.: The Institute, 2015, p. 16.

En la tabla 12 se resumen los registros de las mediciones obtenidas por los medidores de calidad de la energía, se muestran los valores estadísticos mínimos, promedio y máximos de las fluctuaciones de tensión de tiempo corto (Pst). De los datos mostrados se puede constatar que el sistema presenta fluctuaciones máximas que superan el límite establecido por la IEEE 1453 de 2015. En cuanto a la fase Pst_R presenta un valor máximo de 3,25 p.u el día 30 de diciembre de 2020 a las 02:40 a.m., para la fase Pst_S con un valor de 2.34 p.u y para la fase Pst_T con un valor de 2.75 p.u presentándose el mismo día.

En la figura 49 se pueden corroborar estos valores junto con otras medidas que también superaron los límites establecidos por la IEEE 1453 de 2015. Por esta razón, se puede inferir que la calidad de la energía en cuanto a fluctuaciones de tensión de corto tiempo Pst es de baja calidad, una solución a la severidad del flicker es la compensación reactiva.

Tabla 12. Valores estadísticos del flicker Pst

Medidas de tendencia		Análisis de flicker Pst		
Fecha/Hora	Descripción	Pst_R	Pst_S	Pst_T
30/12/2020 2:40:00 a.m.	Máximo	3,25		
28/12/2020 12:10:00 a.m.	Mínimo	0,05		0,05
1/01/2021 10:20:00 a.m.	Máximo		2,34	2,75
31/12/2020 11:20:00 p.m.	Mínimo		0,04	
Promedio		0,09	0,09	0,09
Percentil 95%		0,15	0,14	0,14

Fuente: Autor

Se aplica el valor percentil al 95% de los valores del flicker de corta duración. En efecto, se produce que los valores ahora se encuentran por debajo del límite sugerido por la norma IEEE 1453 de 2015 ($Pst \leq 0.9$ p.u, para sistemas de media tensión). Por lo tanto, si cumple y podemos decir que el 95% de las fluctuaciones de tensión de corta duración tienen un valor menor o igual a 0,15 en p.u.

4.8.2 Plt (Flicker Long time)

Mediante los registros almacenados de Pst para la semana 53 del año 2020 (1008 registros), a partir de estos registros se obtienen una gran variedad de valores de Pst para cada día resultando en 144 valores para cada fase. Seguidamente se procede a calcular una matriz de valores de Plt para cada día, cada valor de Plt se calcula a partir de 12 valores de Pst separados por 10 min usando la relación cubica como se describe en la siguiente ecuación.

La severidad del parpadeo a largo plazo (Plt), se calcula a partir de 12 sucesivos valores de Pst usando la siguiente ecuación:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} P_{st_i}^3}$$

Donde:

P_{lt} : la severidad del parpadeo a largo plazo (120 min).

i : son lecturas consecutivas del parpadeo a corto plazo P_{st} .

P_{st} : la severidad del parpadeo a corto plazo (10 min).

En la tabla 13 se resumen los registros de los cálculos realizados en la hoja de cálculo Excel, se muestran los valores estadísticos mínimos, promedio y máximos de las fluctuaciones de tensión de largo plazo (P_{lt}). De los datos mostrados se puede constatar que el sistema presenta fluctuaciones máximas que superan el límite establecido por la IEEE 1453 de 2015. En cuanto a la fase P_{lt_R} presenta un valor máximo de 1,42 p.u el día 30 de diciembre de 2020, para la fase P_{lt_S} con un valor de 1,02 p.u y para la fase P_{lt_T} con un valor de 1,20 p.u presentándose el mismo día.

Tabla 13. Valores estadísticos del flicker P_{lt}

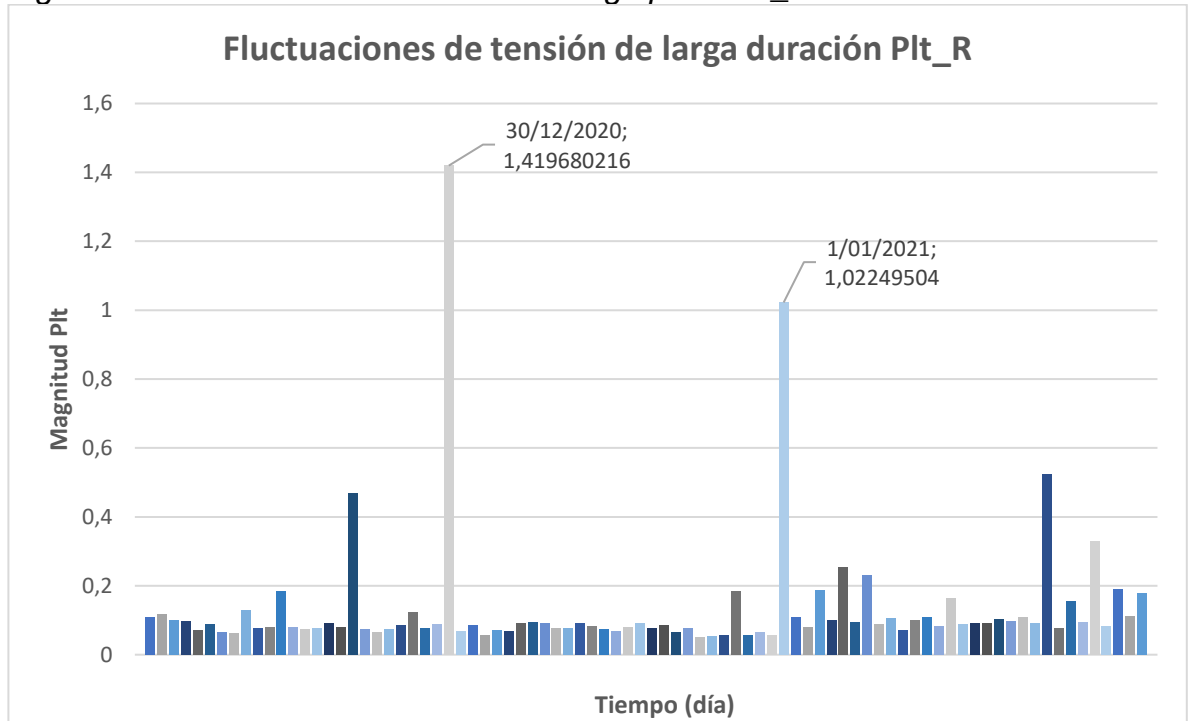
Medidas de tendencia		Análisis de flicker P_{lt}		
Fecha/Hora	Descripción	P_{lt_R}	P_{lt_S}	P_{lt_T}
30/12/2020	Máximo	1,42		
31/12/2020	Mínimo	0,05	0,051	0,05
1/01/2021	Máximo		1,02	1,20
Promedio		0,14	0,12	0,12
Percentil 95%		0,32	0,32	0,25

Fuente: Autor.

En la figura 50, figura 51 y figura 52 se pueden corroborar estos valores junto con otras medidas que también superaron los límites establecidos por la IEEE 1453 de 2015. Por esta razón, se puede inferir que la calidad de la energía en cuanto a fluctuaciones de tensión de largo plazo (P_{lt}) es de baja calidad.

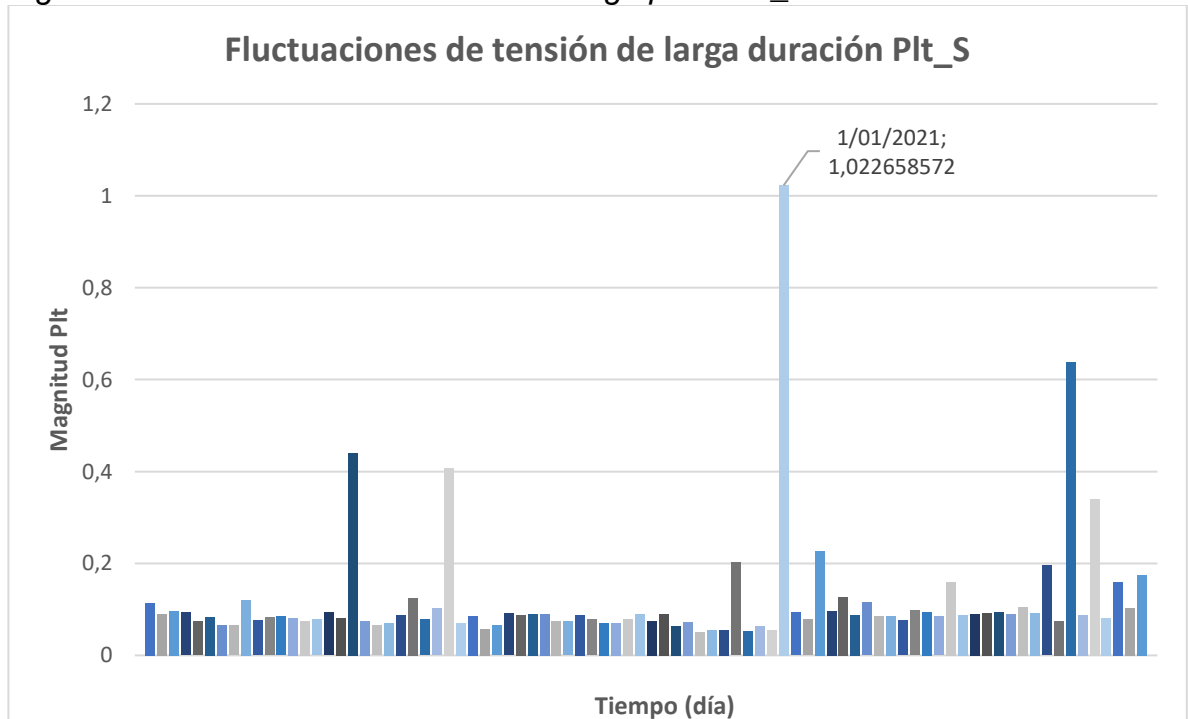
Se aplica el valor percentil al 95% de los valores del flicker de largo plazo. En efecto, se produce que los valores ahora se encuentran por debajo del límite sugerido por la norma IEEE 1453 de 2015 ($P_{lt} \leq 0.7$ p.u, para sistemas de media tensión). Por lo tanto, si cumple y podemos decir que el 95% de las fluctuaciones de tensión de largo plazo tienen un valor menor o igual a 0,32 en p.u.

Figura 50. Fluctuaciones de tensión de largo plazo Plt_R



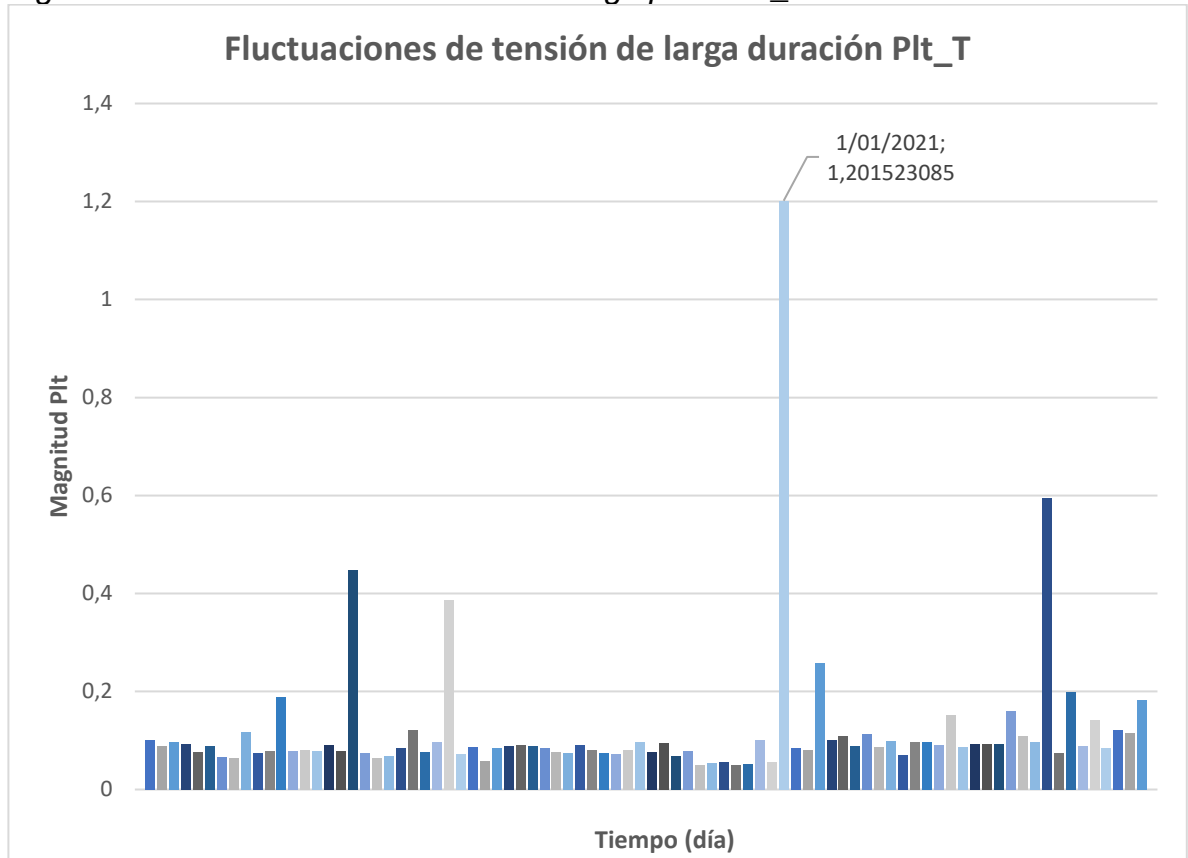
Fuente: Autor.

Figura 51. Fluctuaciones de tensión de largo plazo Plt_S



Fuente: Autor.

Figura 52. Fluctuaciones de tensión de largo plazo Plt_T



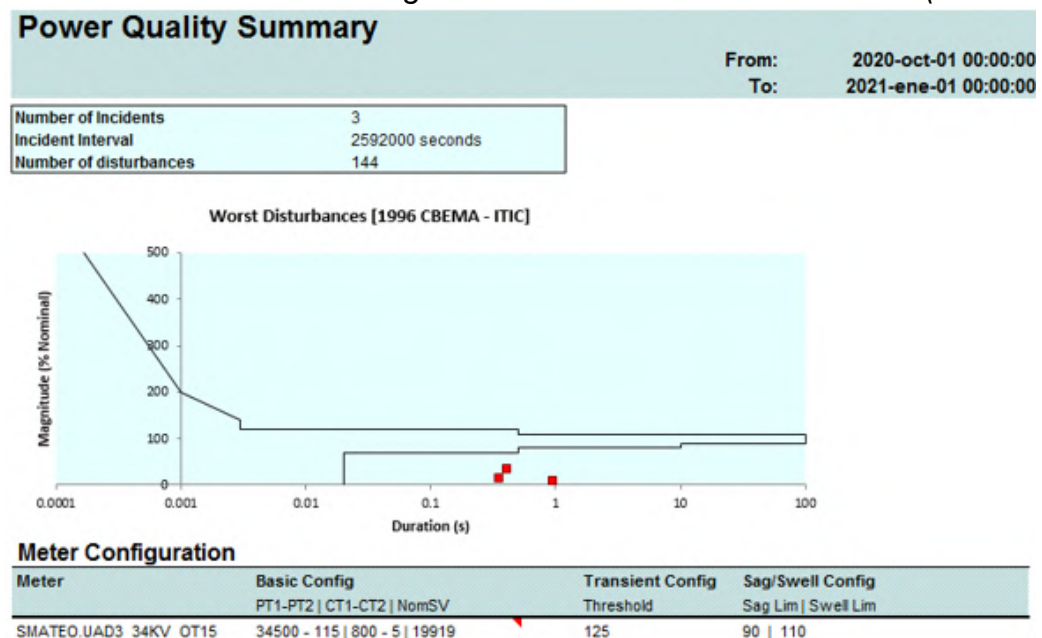
Fuente: Autor.

5. ANÁLISIS DE LOS FENOMENOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL PATIO 34,5 KV DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN MATEO

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los reportes de calidad de la energía del patio 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo son extraídos del software Structure Ware Power MONITOR (ION Report). Estos reportes muestran la presencia de eventos tales como: Sag, Swell, Transitorios e interrupciones. En la Figura 53 se muestra una representación gráfica de fenómenos ocurridos de acuerdo con la curva ITIC (CBEMA). Por otra parte, la configuración del medidor establece los límites de medición en cuanto a los transitorios dice que serán medidos a partir del 125% del voltaje nominal, los Sag serán medidos menor al 90% del voltaje nominal y los Swell serán medidos a partir del 110% del valor del voltaje nominal.

Figura 53. Fenómenos electromagnéticos mostrados en la curva ITIC (CBEMA)



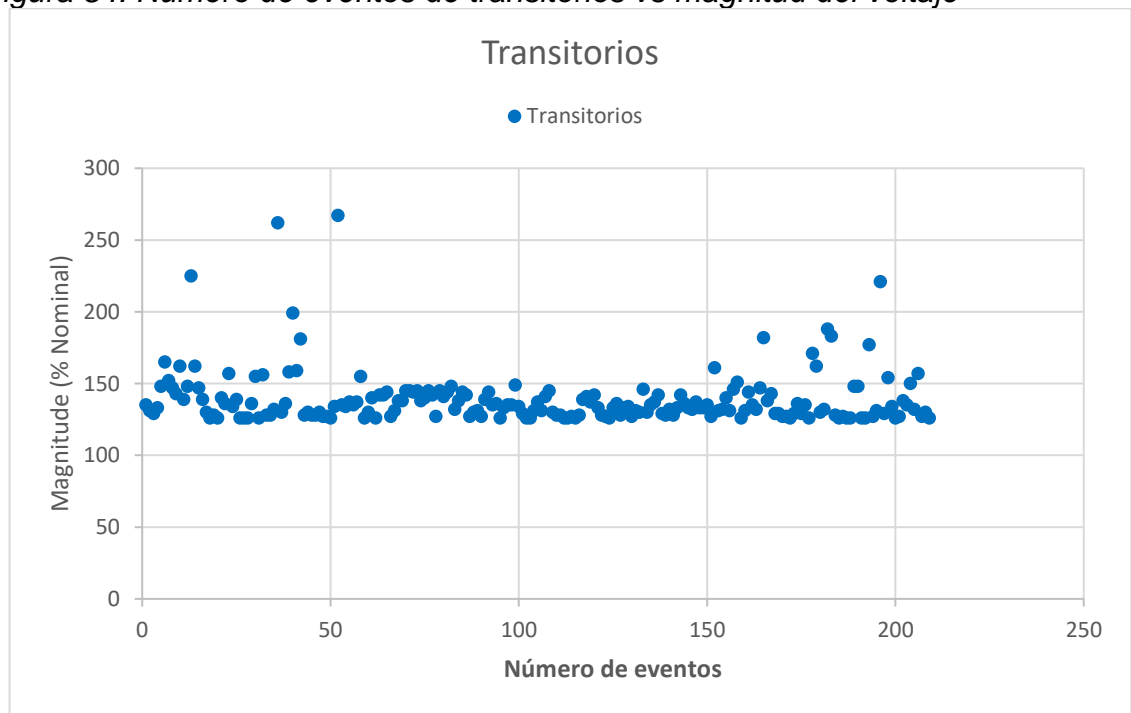
Fuente: CENS S.A. E.S.P.

A continuación, se clasificarán cada uno de los fenómenos electromagnéticos ocurridos para un periodo de medición desde el 01 de enero 2020 hasta el 01 de marzo del 2021.

5.1.1 Transitorios

En anexos 1 se presentan los transitorios ocurridos en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo a lo largo de un periodo desde el 01 de enero 2020 hasta 01 marzo 2021. Estos datos son extraídos del analizador ubicado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV, en total se presentaron 209 transitorios divididos en (Trans, Trans *Outside Graph Range y Trans *Exceeds Tolerance). En la figura 54 se representan cada uno de estos eventos vs su magnitud.

Figura 54. Número de eventos de transitorios vs magnitud del voltaje



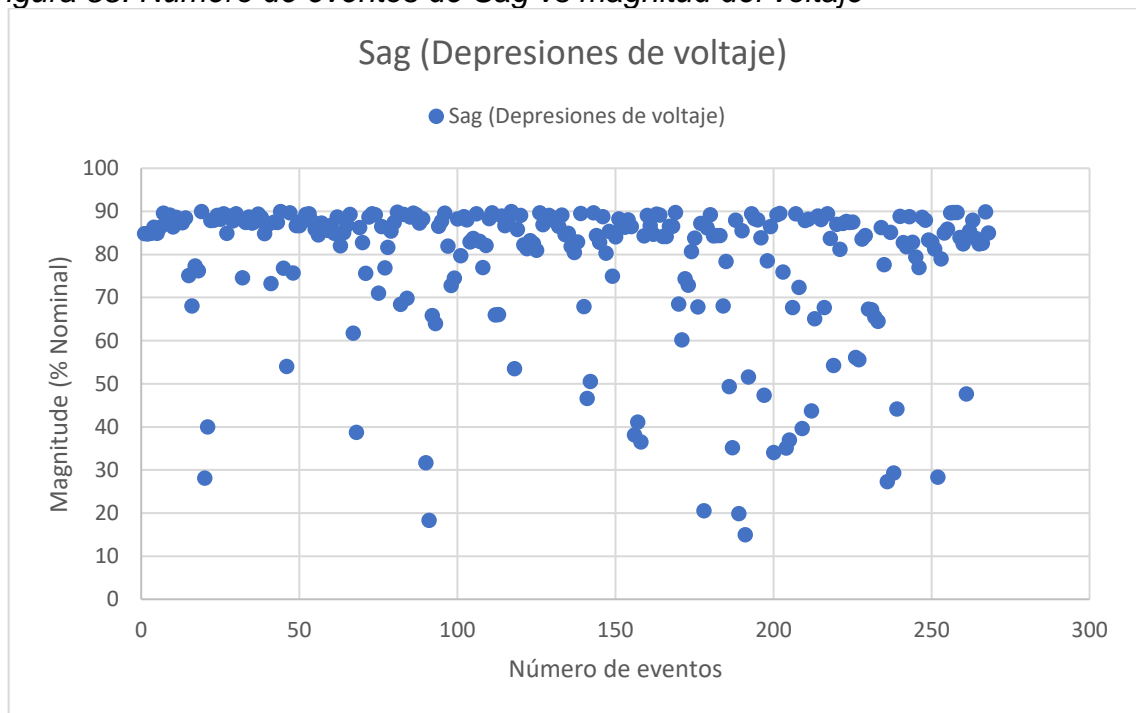
Fuente: Autor

El medidor de calidad de la energía ION 7650 clasifica los transitorios de acuerdo con su magnitud, tiempo de duración y la fase afectada. Una característica particular es que estos medidores se encuentran configurados para medir transitorios mayores al 125% del valor del voltaje nominal.

5.1.2 Sag (Depresiones de voltaje)

En anexos 2 se presentan los Sag ocurridos en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo a lo largo de un periodo desde el 01 de enero 2020 hasta 01 marzo 2021. Estos datos son extraídos del analizador ubicado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV, en total se presentaron 268 Sag divididos en (Sag, y Sag *Exceeds Tolerance). En la figura 55 se representan cada uno de estos eventos vs su magnitud.

Figura 55. Número de eventos de Sag vs magnitud del voltaje



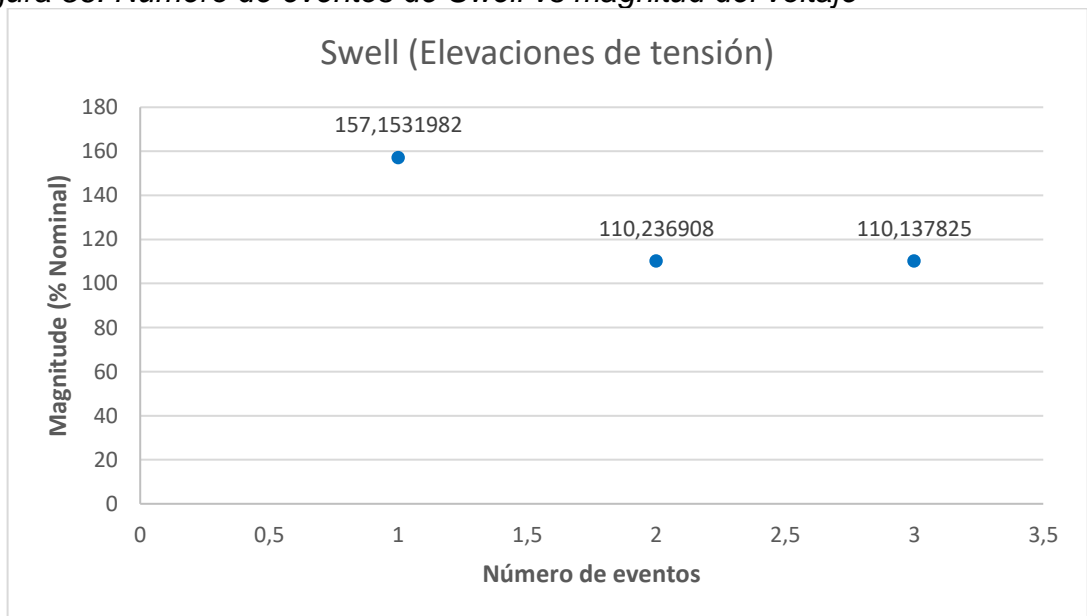
Fuente: Autor

El medidor de calidad de la energía ION 7650 clasifica los Sag de acuerdo con su magnitud, tiempo de duración y la fase afectada. Una característica particular es que estos medidores se encuentran configurados para medir Sag menores al 90% del valor del voltaje nominal.

5.1.3 Swell (Elevaciones de voltaje)

En anexos 3 se presentan los Swell ocurridos en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo a lo largo de un periodo desde el 01 de enero 2020 hasta 01 marzo 2021. Estos datos son extraídos del analizador ubicado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV, en total se presentaron 3 Swell divididos en (Swell, y Swell *Exceeds Tolerance). En la figura 56 se representan cada uno de estos eventos vs su magnitud.

Figura 56. Número de eventos de Swell vs magnitud del voltaje



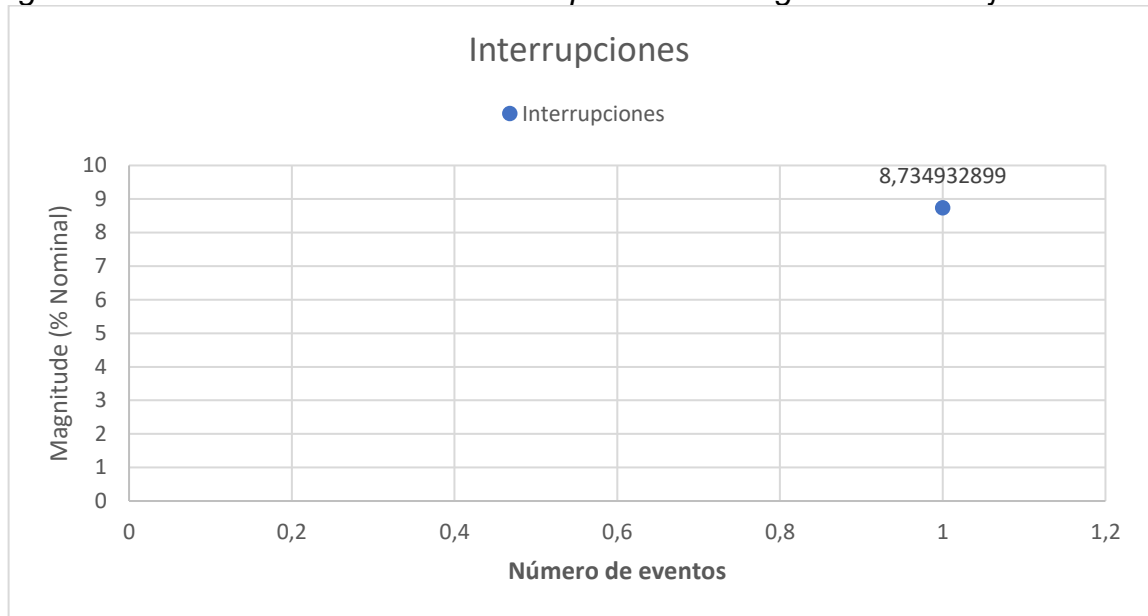
Fuente: Autor

El medidor de calidad de la energía ION 7650 clasifica los Swell de acuerdo con su magnitud, tiempo de duración y la fase afectada. Una característica particular es que estos medidores se encuentran configurados para medir Swell mayores al 110% del valor del voltaje nominal.

5.1.4 Interrupciones

En anexos 4 se presentan las interrupciones ocurridas en el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo a lo largo de un periodo desde el 01 de enero 2020 hasta 01 marzo 2021. Estos datos son extraídos del analizador ubicado en la bahía principal del módulo de 34,5 kV, en total se presentó una Interrupción. En la figura 57 se representa este evento vs su magnitud.

Figura 57. Número de eventos de Interrupciones vs magnitud del voltaje



Fuente: Autor

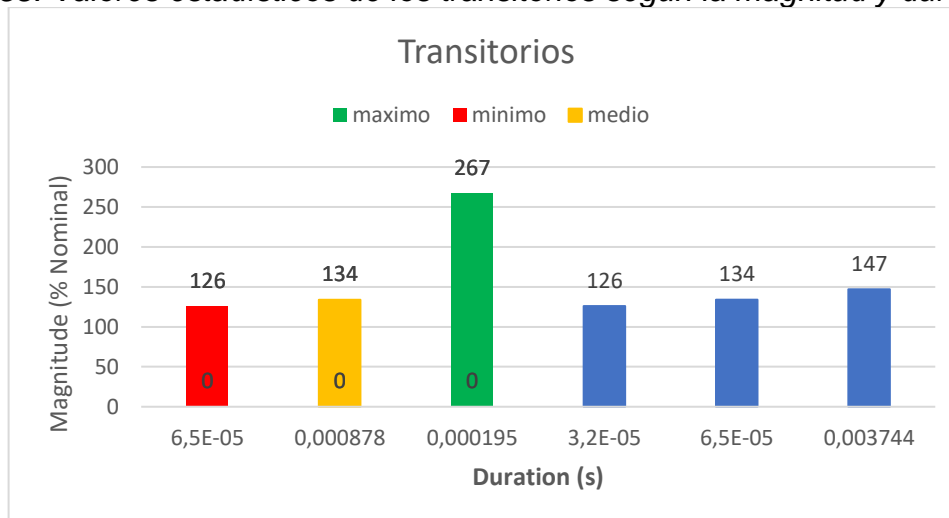
El medidor de calidad de la energía ION 7650 no distingue la interrupción como una interrupción sino como un Sag, pero con ayuda de la norma se puede inferir que las interrupciones son medidas cuando se presenta un evento que tenga una magnitud en el valor del voltaje nominal menor al 10%. Por tanto, para clasificar este tipo de fenómenos se debe revisar dato a dato y escoger aquellos que presenten magnitud menor al 10% del voltaje nominal.

5.2 VALORES ESTADÍSTICOS DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

5.2.1 Transitorios

En la figura 58 se presentan los valores mínimos, medios y máximos en magnitud (barras de colores) y en duración (barras de azul) de los transitorios presentados en la barra de 34,5 KV de la subestación San Mateo, en una toma de tiempo desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021. El valor máximo en duración de transitorios es 0,003744 segundos, el valor mínimo es 3,2E-5 segundos y el valor medio es 6,5E-5 segundos. El valor máximo en magnitud de transitorios es 267% nominal, el valor mínimo es 126% nominal y el valor medio es 134% nominal. La moda (es el valor que más se repite de un conjunto de datos) tiene un valor de 126% nominal.

Figura 58. Valores estadísticos de los transitorios según la magnitud y duración



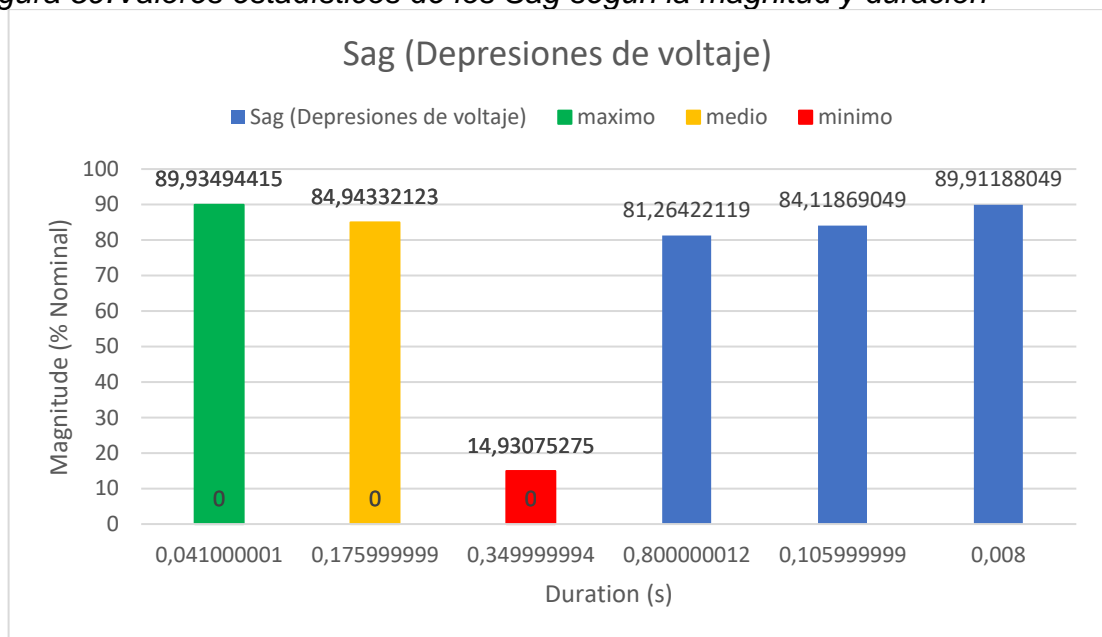
Fuente: Autor

En la anexos 5 se presentan los valores generales mínimos, medios y máximos en magnitud (barras de colores) de los Transitorios presentados en la barra de 34,5 KV de la subestación San Mateo, en una toma de tiempo desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021.

5.2.2 Sag (Depresiones de voltaje)

En la figura 59 se presentan los valores mínimos, medios y máximos en magnitud (barras de colores) y en duración (barras de azul) de los Sag presentados en la barra de 34,5 KV de la subestación San Mateo, en una toma de tiempo desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021. El valor máximo en duración de Sag es 0,80000012 segundos, el valor mínimo es 0,008 segundos y el valor medio es 0,105999999 segundos. El valor máximo en magnitud de Sag es 89.93494415% nominal, el valor mínimo es 14.93075275% nominal y el valor medio es 84.94332123% nominal.

Figura 59. Valores estadísticos de los Sag según la magnitud y duración



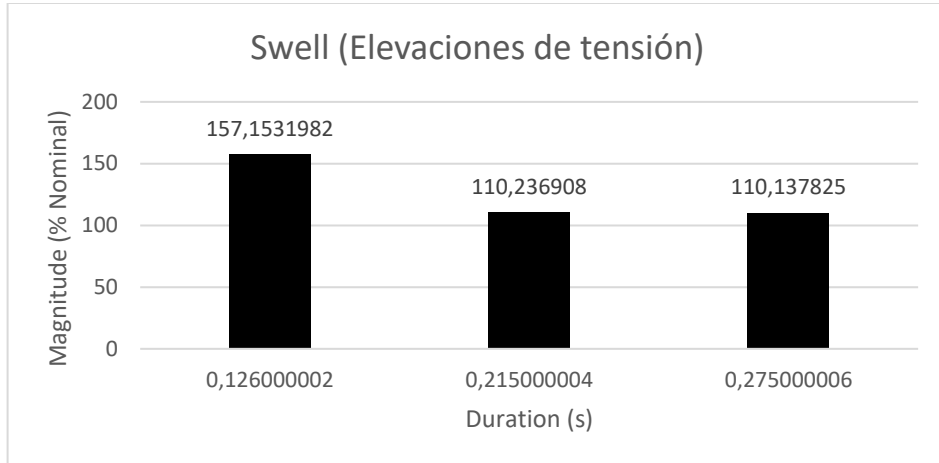
Fuente: Autor

En anexos 6 se presentan los valores generales mínimos, medios y máximos en magnitud (barras de colores) de los Sag presentados en la barra de 34,5 KV de la subestación San Mateo, en una toma de tiempo desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021.

5.2.3 Swell (Elevaciones de voltaje)

En la figura 60 se presentan los valores mínimos, medios y máximos en magnitud de los Swell presentados en la barra de 34,5 KV de la subestación San Mateo, en una toma de tiempo desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021. El valor máximo en magnitud de Swell es 157.1531982% nominal, el valor mínimo es 110.137825% nominal y el valor medio es 110.236908% nominal.

Figura 60. Valores estadísticos de los Swell



Fuente: Autor

5.2.4 Interrupciones

En la figura 61 se presenta el valor en magnitud y duración de la Interrupción presentada en la barra de 34,5 KV de la subestación San Mateo, en una toma de tiempo desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021. El valor en magnitud de la interrupción es 8.732932899% nominal.

Figura 61. valores estadísticos de las interrupciones



Fuente: Autor

5.3 EVENTOS SELECCIONADOS PARA LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ

En la tabla 14 se muestran los eventos ocurridos con mayor impacto en cuanto a magnitud y duración presentándose en el mes de diciembre, los cuáles serán utilizados para la aplicación del análisis causa raíz. Estos datos fueron escogidos según la criticidad por fenómeno, para los Swell se tomó el evento que tenía mayor magnitud y duración con respecto al valor nominal, para los Sag se tomó el valor más bajo en magnitud con respecto al valor nominal y para los transitorios se tomó el de mayor magnitud con 221% sobre el valor nominal de voltaje.

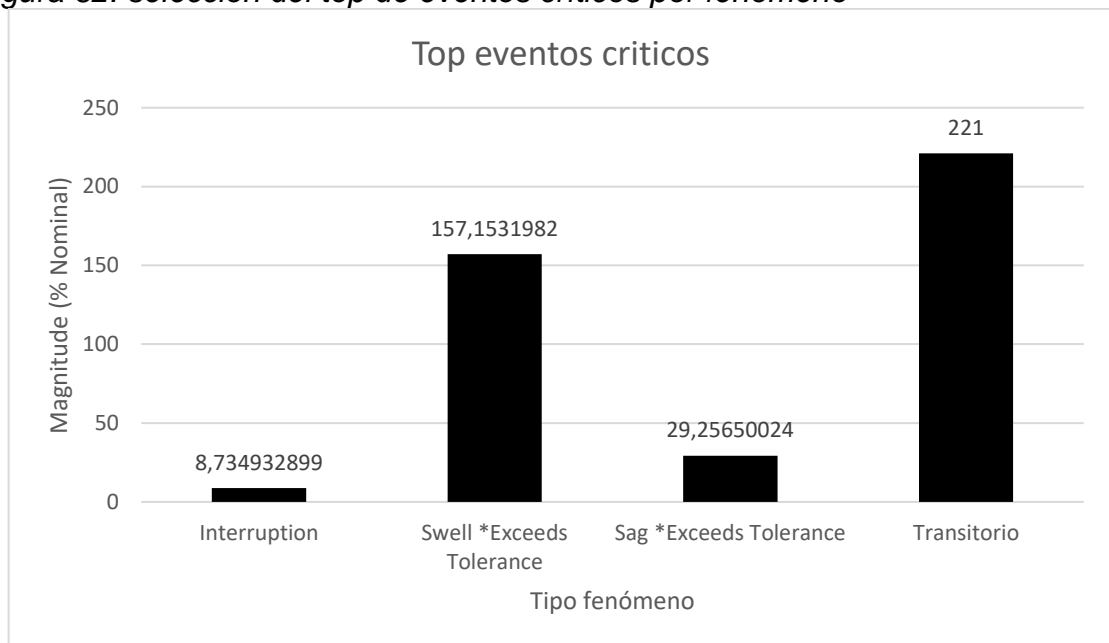
Tabla 14. Datos top eventos seleccionados para el RCA

N°	Marca de tiempo		Tipo de fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
1	19/12/2020	05:54:36 p.m.	interrupciones	V2	0.935000002	8.734932899
2	08/12/2020	08:04:22 a.m.	Swell *Exceeds Tolerance	V2	0.126000002	157.1531982
3	03/12/2020	04:19:21 p.m.	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.384999990	29.25650024
4	19/12/2020	12:48:44 p.m.	Transitorio	V3	0.000161999	221

Fuente: Autor

En la Figura 62 se muestran el top de eventos críticos seleccionados de acuerdo con los fenómenos medidos por el medidor de calidad de la energía ION 7650 ubicado en la bahía principal del patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo.

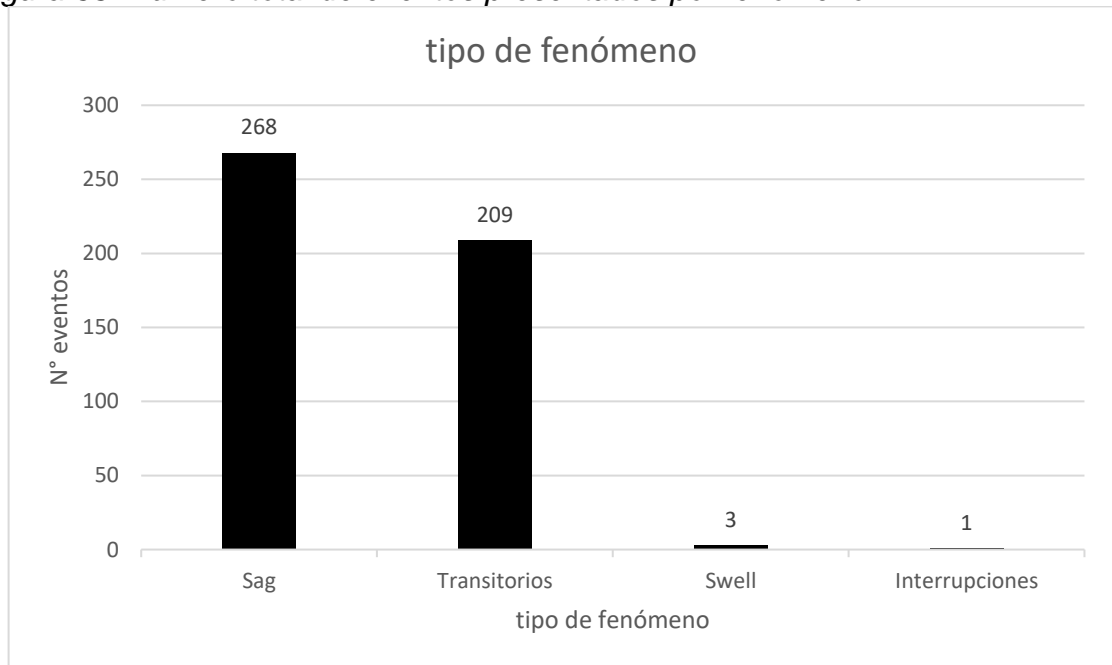
Figura 62. selección del top de eventos críticos por fenómeno



Fuente: Autor

En la Figura 63 se presenta el número total de eventos por fenómeno de calidad de la energía presentados en el patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo, en las fechas de toma (desde el 01 de enero de 2020 hasta el 01 de marzo de 2021), se presentaron 268 Sag, 209 Transitorios, 3 Swell y 1 interrupción de voltaje.

Figura 63. Número total de eventos presentados por fenómeno



Fuente: Autor

6. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

6.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema analizado en el presente estudio de análisis causa raíz corresponde a los eventos presentados en la tabla 14. Los fenómenos de calidad de la energía seleccionados para el desarrollo del análisis son el Sag, Swell, interrupciones y transitorios ocurridos en el mes de diciembre del 2020.

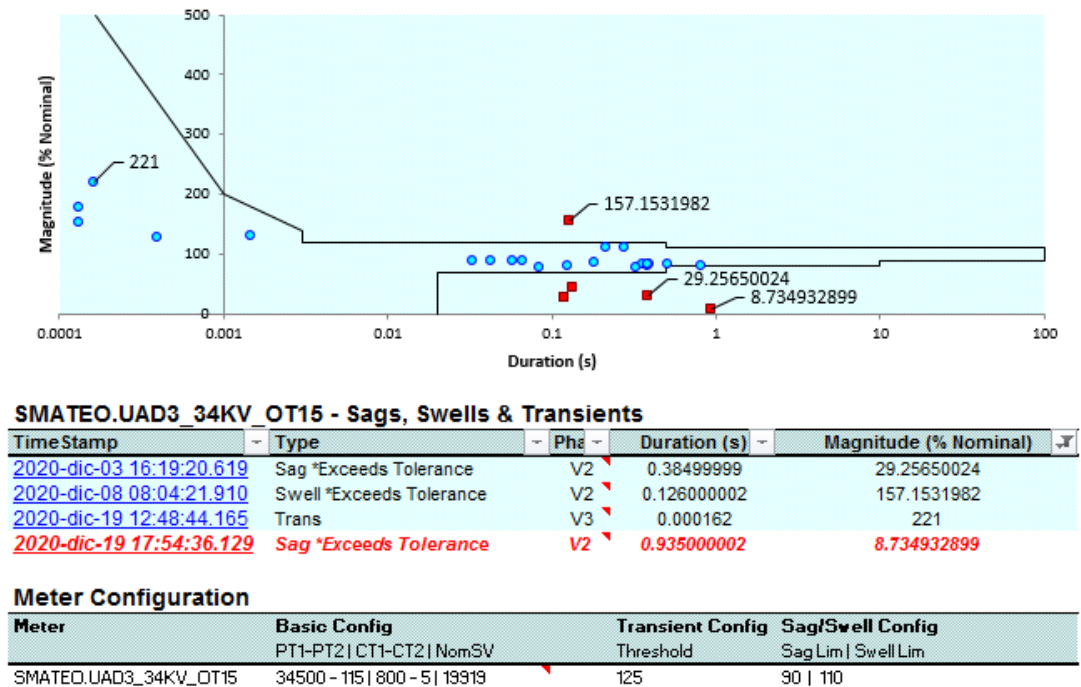
Los Sag de tensión conocidos también como depresiones de voltaje son eventos de corta duración que pueden clasificarse como instantáneos, momentáneos o temporales. El Sag seleccionado para el análisis causa raíz es un evento instantáneo y son los eventos que se presentan con mayor frecuencia con un total de 268 eventos con diferentes magnitudes y duraciones. En cuanto a los Swell de tensión solo se presentaron 3 eventos durante el periodo desde 01 de enero del 2020 hasta el 01 de marzo del 2021. Por otra parte, las interrupciones solo presentaron 1 evento y para los transitorios se presentaron 209 eventos con diferentes magnitudes y duraciones. Estos fenómenos afectan tanto a los sistemas eléctricos de potencia como a los usuarios finales.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS SELECCIONADOS

Para realizar el análisis de los eventos seleccionados en la Tabla 14 se tuvieron en cuenta los registros de calidad de la energía, los registros de las celdas del patio de 34,5 de la subestación San Mateo (registros SCADA) y los reportes de teledicada de los usuarios conectados a este patio. En cuanto a las mediciones de calidad de la energía se solicitó un reporte desde 01 enero del 2020 hasta el 01 marzo del 2021, los reportes SCADA se tomaron desde 01 de octubre del 2020 hasta 01 de mayo del 2021 y de teledicada se obtuvieron solo para el mes de diciembre, por lo tanto, solo se tendrán en cuenta los eventos para el mes de diciembre.

En la Figura 64 se representan los eventos de corta duración. Estos fenómenos son clasificados de acuerdo con su magnitud y duración, su representación gráfica se realiza por medio de la curva ITIC CBEMA [1996].

Figura 64. Representación de los eventos seleccionados en la curva ITIC CBEMA
Disturbances [1996 CBEMA - ITIC]



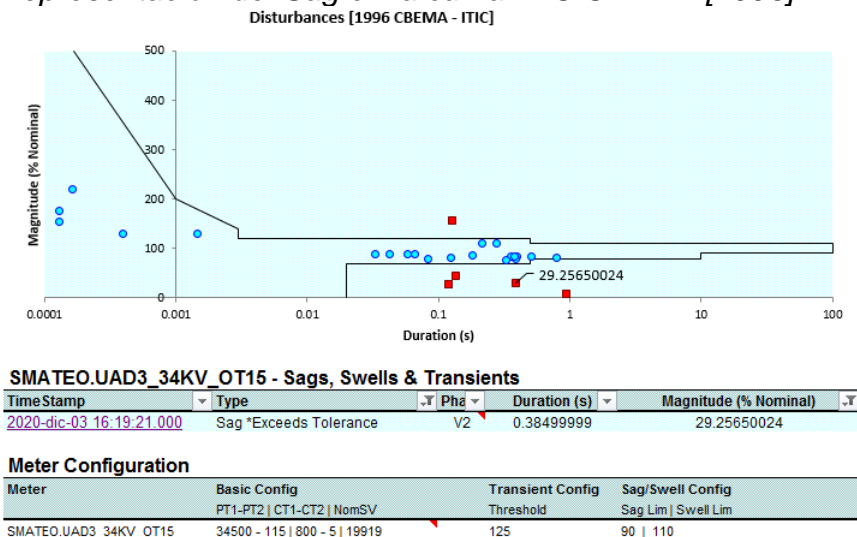
Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Los eventos de corta duración son clasificados de acuerdo a su magnitud y tiempo de duración. En la Figura 64 hay cuatro eventos que indican que hay 4 causas diferentes para analizar. A continuación, se describen las características de los eventos seleccionados.

6.2.1 Sag

El Sag se presentó el 03 de diciembre del 2020 a las 04:19:21 p.m., de acuerdo con la curva ITIC CBEMA [1996] el Sag presentado excede la tolerancia y se encuentra en la región de no daño por debajo del 70 % del voltaje nominal ver Figura 65. Según la norma IEEE1159 (2009) se clasifica este Sag como instantáneo debido a que la magnitud de 29.25650024% se encuentra en el rango establecido entre 0.1-0.9 p.u, además el tiempo de duración de 0.38499999 segundos se encuentra entre la duración típica de 0.5-30 cycles.

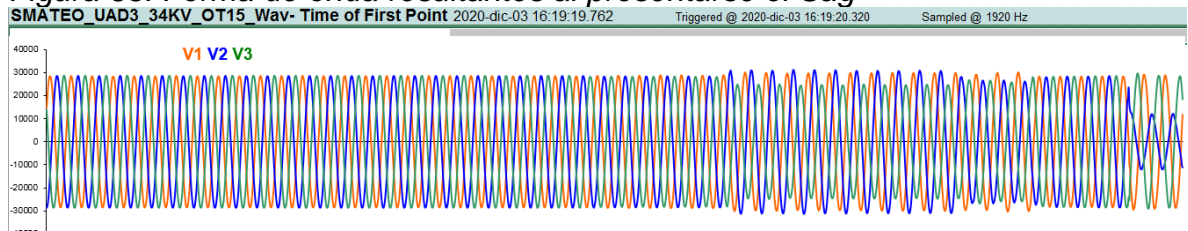
Figura 65. Representación del Sag en la curva ITIC CBEMA [1996]



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

En la figura 66 se puede observar la forma de onda del Sag. Al ser un evento de corta duración el valor del voltaje en las tres fases presenta un desequilibrio, es decir, la fase V1 presento un valor en la magnitud de $V1_{Max}$ 102.944 % y un $V1_{Min}$ 33.146 %, la fase V2 presento un valor de $V2_{Max}$ 84.695 % y un $V2_{Min}$ 29.256 % siendo la fase más afectada y la fase V3 presento un valor de $V3_{Max}$ 102.313 % y un valor de $V3_{Min}$ 97.785 %.

Figura 66. Forma de onda resultantes al presentarse el Sag

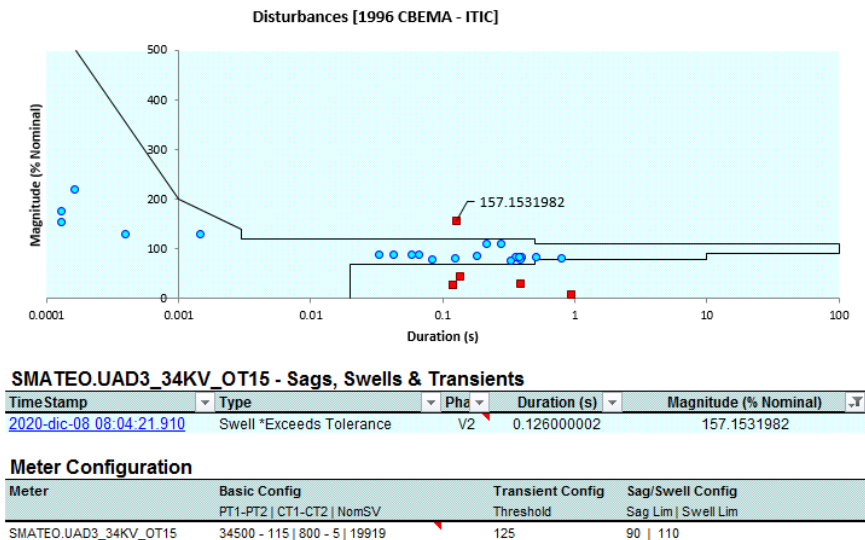


Fuente: CENS S.A. E.S.P.

6.2.2 Swell

El Swell se presentó el 08 de diciembre del 2020 a las 08:04:22 a.m., de acuerdo con la curva ITIC CBEMA [1996] el Swell presentado excede la tolerancia y se encuentra en la región prohibida por encima del 110 % del voltaje nominal ver Figura 67. Según la norma IEEE 1159 [2009] se clasifica este Swell como instantáneo debido a que la magnitud de 157.1531982% se encuentra en el rango establecido entre 1.1-1.8 p.u, además el tiempo de duración de 0.126000002 segundos se encuentra entre la duración típica de 0.5-30 cycles.

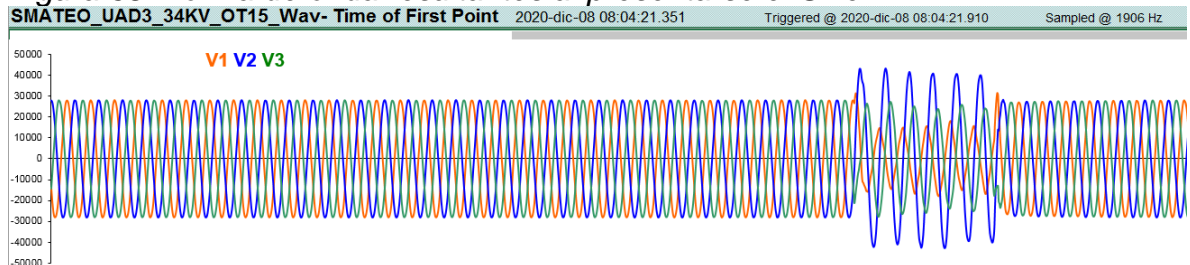
Figura 67. Representación del Swell y la Interrupción en la curva ITIC CBEMA [1996]



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

En la figura 68 se puede observar la forma de onda del Swell. Al ser un evento de corta duración el valor del voltaje en las tres fases presenta un desequilibrio, es decir, la fase V1 presento un valor en la magnitud de $V1_{Max}$ 110.078 % y un $V1_{Min}$ 48.528 %, la fase V2 presento un valor de $V2_{Max}$ 157.153 % siendo la fase más afectada y un $V2_{Min}$ 100.406% y la fase V3 presento un valor de $V3_{Max}$ 100.257 % y un valor de $V3_{Min}$ 76.315 %.

Figura 68. Forma de onda resultantes al presentarse el Swell

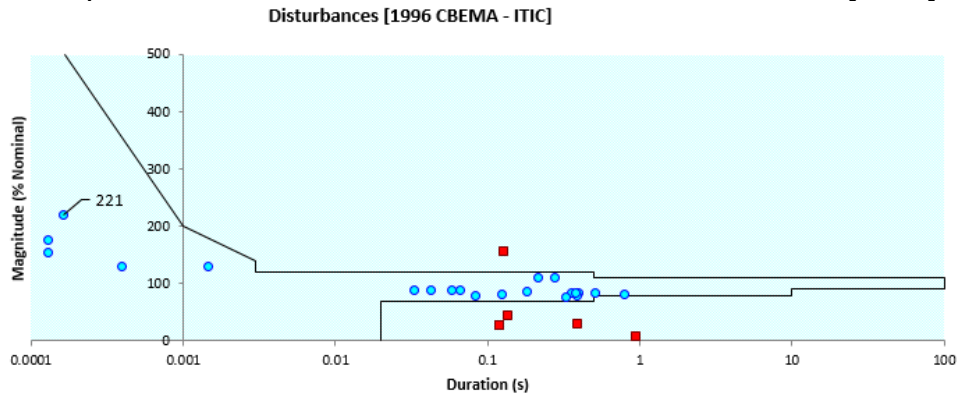


Fuente: CENS S.A. E.S.P.

6.2.3 Transitorio

El Transitorio se presentó el 19 de diciembre del 2020 a las 12:48:44 p.m., de acuerdo con la curva ITIC CBEMA [1996] el Transitorio presentado no excede la tolerancia y se encuentra en la región aceptada por encima del 200 % del voltaje nominal ver Figura 69. Según la norma IEEE 1159 [2009] se clasifica este transitorio como impulsivo debido a que el tiempo de duración de 0.000162 segundos se encuentra entre la duración típica de 50 ns- 1 ms.

Figura 69. Representación del Transitorio en la curva ITIC CBEMA [1996]



SMATEO.UAD3_34KV_OT15 - Sags, Swells & Transients

TimeStamp	Type	Pha	Duration (s)	Magnitude (% Nominal)
2020-dic-19 12:48:44.000	Trans	V3	0.000162	221

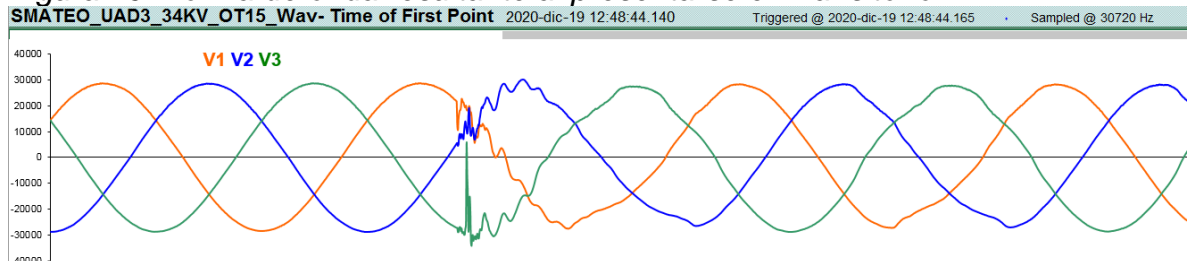
Meter Configuration

Meter	Basic Config	Transient Config	Sag/Swell Config
SMATEO.UAD3_34KV_OT15	PT1-PT2 CT1-CT2 NomSV	Threshold	Sag Lim Swell Lim
	34500 - 115 800 - 5 19919	125	90 110

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

En la figura 70 se puede observar la forma de onda del Transitorio, presentando valores en la fase V1 con magnitud $V1_{mag}$ 139% y una duración de $V1_{dur}$ $9.70E-05$ segundos, la fase V2 presento un valor de $V2_{mag}$ 130% y una duración de $V2_{dur}$ $1.30E-04$ segundos y la fase V3 presento un valor de $V3_{mag}$ 221% siendo la fase más afectada y una duración de $V3_{dur}$ $1.62E-04$ segundos.

Figura 70. Forma de onda resultante al presentarse el Transitorio

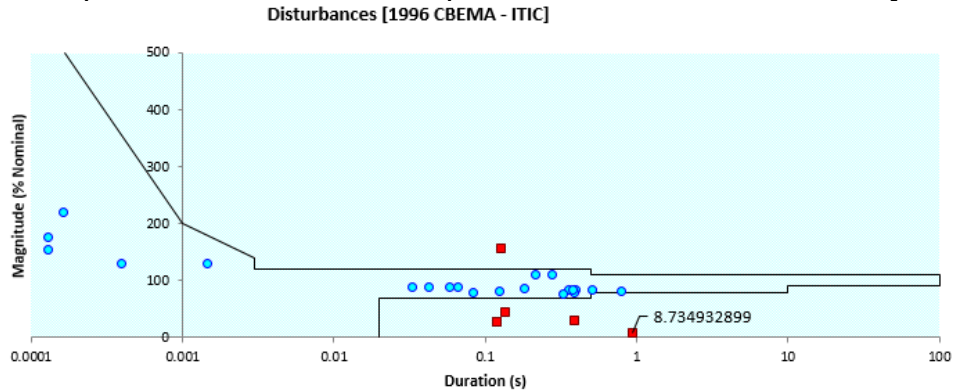


Fuente: CENS S.A. E.S.P.

6.2.4 Interrupción

La interrupción se presentó el 19 de diciembre del 2020 a las 05:54:36 p.m., de acuerdo con la curva ITIC CBEMA [1996] la interrupción presentada excede la tolerancia y se encuentra en la región de no daño por debajo del 10 % del voltaje nominal ver Figura 71. Según la norma IEEE 1159 (2009) se clasifica esta interrupción como momentánea debido a que el valor de la magnitud de 8.734932899% es < 0.1 p.u y la duración de 9.35E-01 segundos se encuentra entre el rango de 0,5 cycles-3s.

Figura 71. Representación de la Interrupción en la curva ITIC CBEMA [1996]



SMATEO.UAD3_34KV_OT15 - Sags, Swells & Transients

Time Stamp	Type	Pha	Duration (s)	Magnitude (% Nominal)
2020-dic-19 17:54:36.129	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.935000002	8.734932899

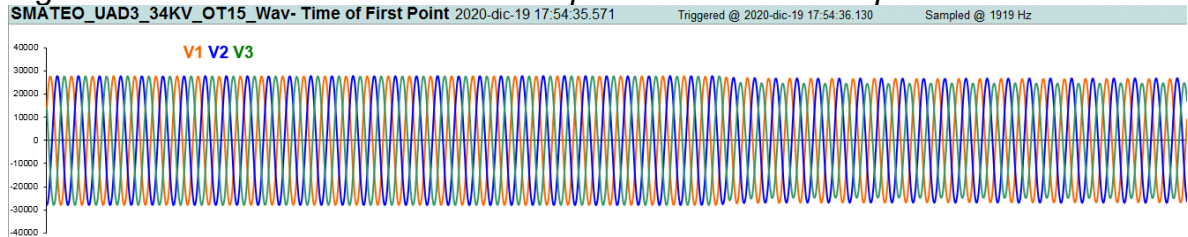
Meter Configuration

Meter	Basic Config	Transient Config	Sag/Swell Config
SMATEO.UAD3_34KV_OT15	PT1-PT2 CT1-CT2 NomSV	Threshold	Sag Lim Swell Lim
	34500 - 115 800 - 5 19919	125	90 110

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

En la figura 72 se puede observar la forma de onda de la Interrupción. Al ser un evento de corta duración el valor del voltaje en las tres fases presenta un desequilibrio, es decir, la fase V1 presento un valor en la magnitud de $V1_{Max}$ 99.658% y un $V1_{Min}$ 9.675%, la fase V2 presento un valor de $V2_{Max}$ 97.550% y un $V2_{Min}$ 8.734% siendo la fase más afectada y la fase V3 presento un valor de $V3_{Max}$ 91.905% y un valor de $V3_{Min}$ 10.410%.

Figura 72. Forma de onda resultante al presentarse la Interrupción



Fuente: CENS S.A. E.S.P.

6.3 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ – ÁRBOL DE FALLAS

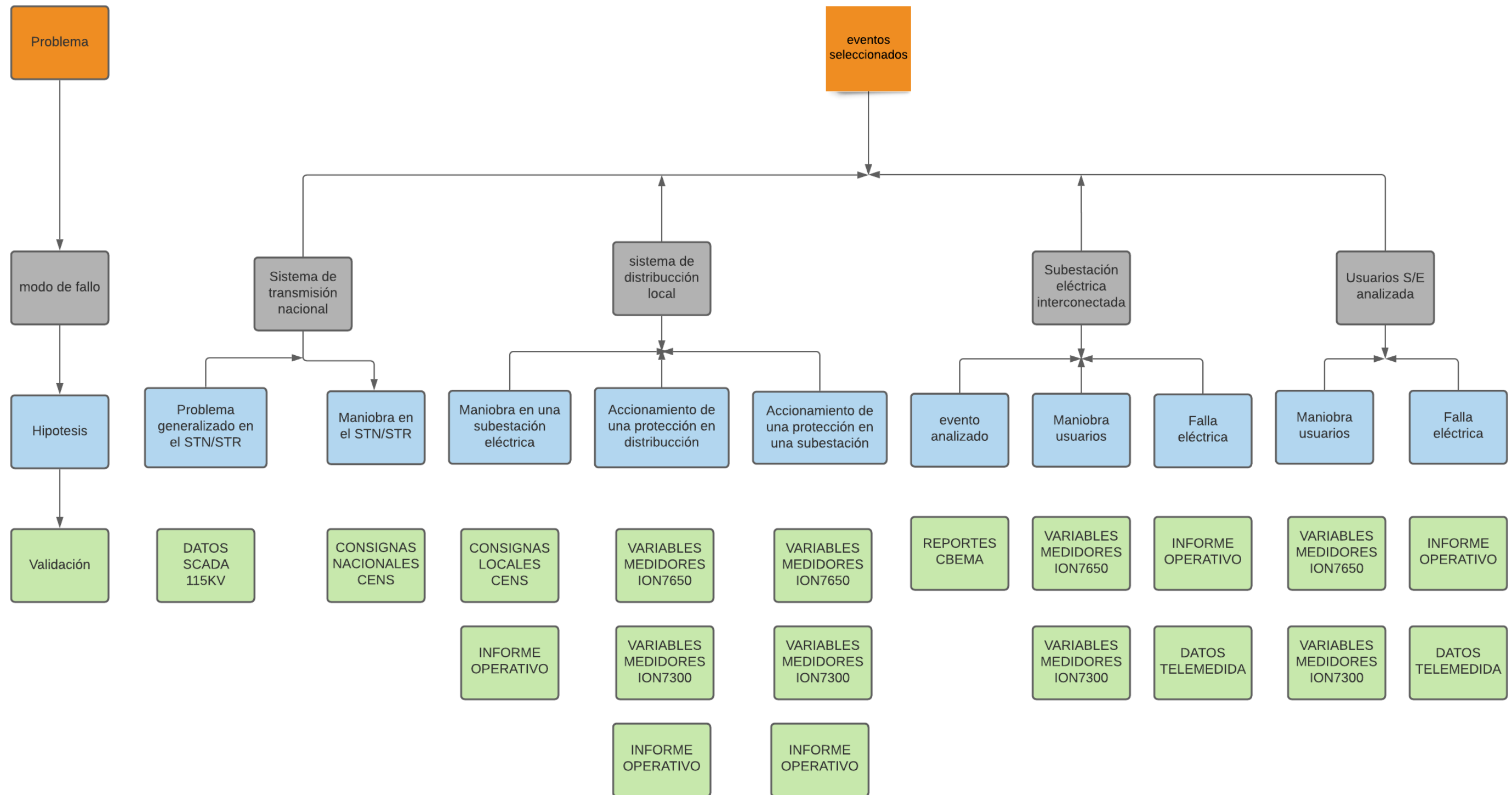
En el presente trabajo de investigación se empleará la metodología de árbol de falla. Previamente al desarrollo se debe realizar un listado de todas las posibles hipótesis que pudieron generar el evento indeseado, posteriormente se validan las causas que pudieron generar el evento hasta analizar cada uno de ellos y realizar el análisis necesario para validar o descartar la hipótesis.

En este caso, se determinaron cuatro modos de fallo que pudieron ocasionar el evento indeseado. El primero de ellos son los problemas o maniobras generalizados en el sistema de transmisión nacional (STN). El segundo modo de fallo corresponde a las maniobras o accionamientos de protecciones en el sistema de distribución local (SDL). El tercer modo de fallo corresponde a maniobras o fallas presentados en subestaciones eléctricas que tienen enlace con el patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo y el último modo de fallo seleccionado para plantear las hipótesis corresponden a las maniobras o fallas presentadas para los usuarios de mayor consumo conectados a las celdas del patio de la subestación analizada.

Las posibles hipótesis que podrían explicar los eventos seleccionados para la aplicación del análisis son los problemas, maniobras, accionamientos y fallas mencionados en el párrafo anterior. Cabe resaltar que estas posibles causas pueden tener otros factores contribuyentes que los ocasionen. Para validar las posibles causas se realizó una adquisición de informes operativos, informes de consignas nacionales y locales, datos SCADA, datos Telemida, reportes CBEMA de otras subestaciones y las variables de los medidores ION 7650 y ION 7300 ubicados en las celdas.

En la Figura 73 se presenta el árbol de falla donde se puede ver en forma gráfica cada una de las hipótesis para los eventos analizados.

Figura 73. Árbol de falla



Fuente: Autor

6.4 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS

En esta sección se presenta un resumen de los análisis desarrollados y las conclusiones obtenidas para cada una de las hipótesis consideradas en el árbol de falla mostrado en la figura 73, para determinar la categoría (hipótesis descartada, factor contribuyente probable y causa raíz física probable) de los eventos seleccionados

6.4.1 Sistema de transmisión nacional (STN)

Un modo de fallo que será analizado es la de que los fenómenos hayan sido presentados en el sistema de transmisión nacional (STN), para este caso se estudian dos posibles hipótesis que pudieron generar el evento indeseado.

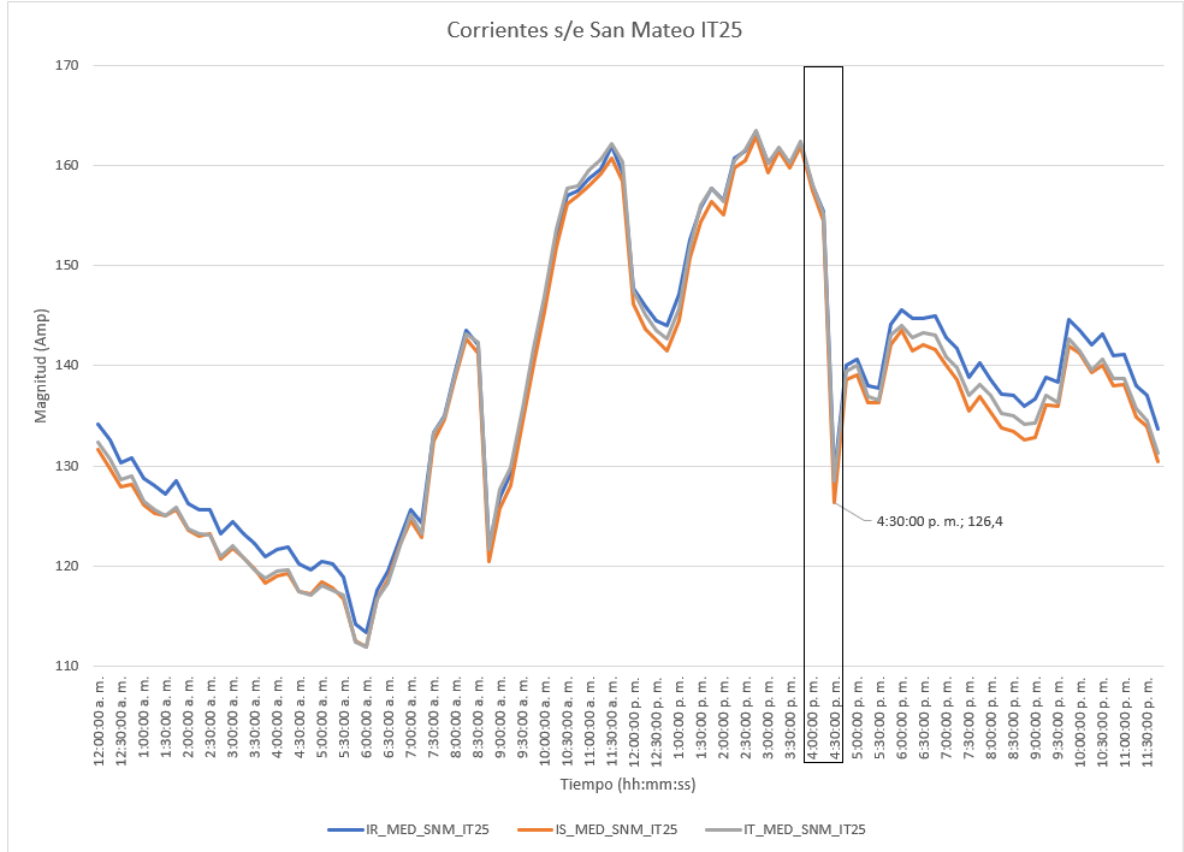
6.4.1.1 Problema generalizado en el STN/STR

En esta hipótesis se considera el circuito que alimenta el patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo (IT25) a un nivel de tensión de 115 kV, para la validación de la hipótesis se tiene en cuenta las mediciones SCADA (mediciones tomadas cada 15 minutos, lecturas que toma la media durante ese tiempo) con el fin de analizar la hora de ocurrencia del evento, en términos de la corriente, ya que las medidas del perfil de tensiones para una fase se encontraban congeladas. A continuación, se realizará el análisis para cada uno de los eventos seleccionados en la Tabla 14.

Sag

En la figura 74 se muestra el comportamiento de las corrientes de línea (IA, IB y IC), con mediciones del SCADA del interruptor IT25 a un nivel de tensión de 115 kV, la gráfica se representa por la fecha vs la magnitud, estas mediciones corresponden al 03 de diciembre del 2020 desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m. en intervalos de 15 minutos, el rectángulo mostrado en la figura encierra un intervalo de 30 minutos, en donde se alcanza a percibir el evento que ocurrió a las 04:19:21 p.m., es decir, existe una discrepancia entre los tiempos del reporte CBEMA con los tiempos medidos por el medidor de los registros SCADA. Pero se puede apreciar que hay cambios bruscos en la corriente, para corroborar esta información y catalogar la hipótesis como factor contribuyente es necesario analizar si se presentó una maniobra o falla en el patio de 115 kV.

Figura 74. Corrientes de línea con mediciones del SCADA del interruptor IT25

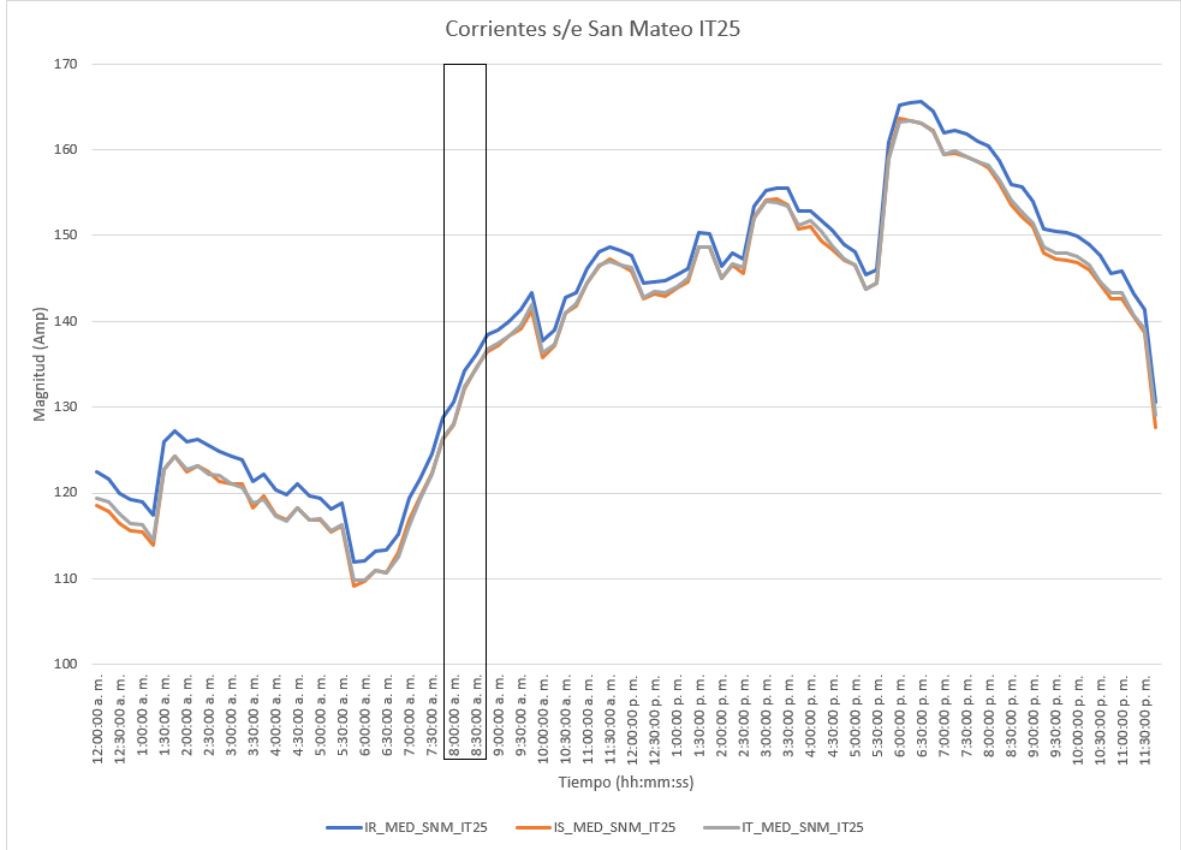


Fuente: Autor.

Swell

En la figura 75 se muestra el comportamiento de las corrientes de línea (IA, IB y IC), con mediciones del SCADA del interruptor IT25 a un nivel de tensión de 115 kV, la gráfica se representa por la fecha vs la magnitud, estas mediciones corresponden al 08 de diciembre del 2020 desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m. en intervalos de 15 minutos, el rectángulo mostrado en la figura encierra un intervalo de 30 minutos, en donde no se alcanza a percibir el evento que ocurrió a las 08:04:22 a.m., es decir, no hay cambios bruscos en la corriente, para corroborar esta información y catalogar la hipótesis como descartada es necesario analizar si se presentó una maniobra o falla en el patio de 115 kV.

Figura 75. Corrientes de línea con mediciones del SCADA del interruptor IT25

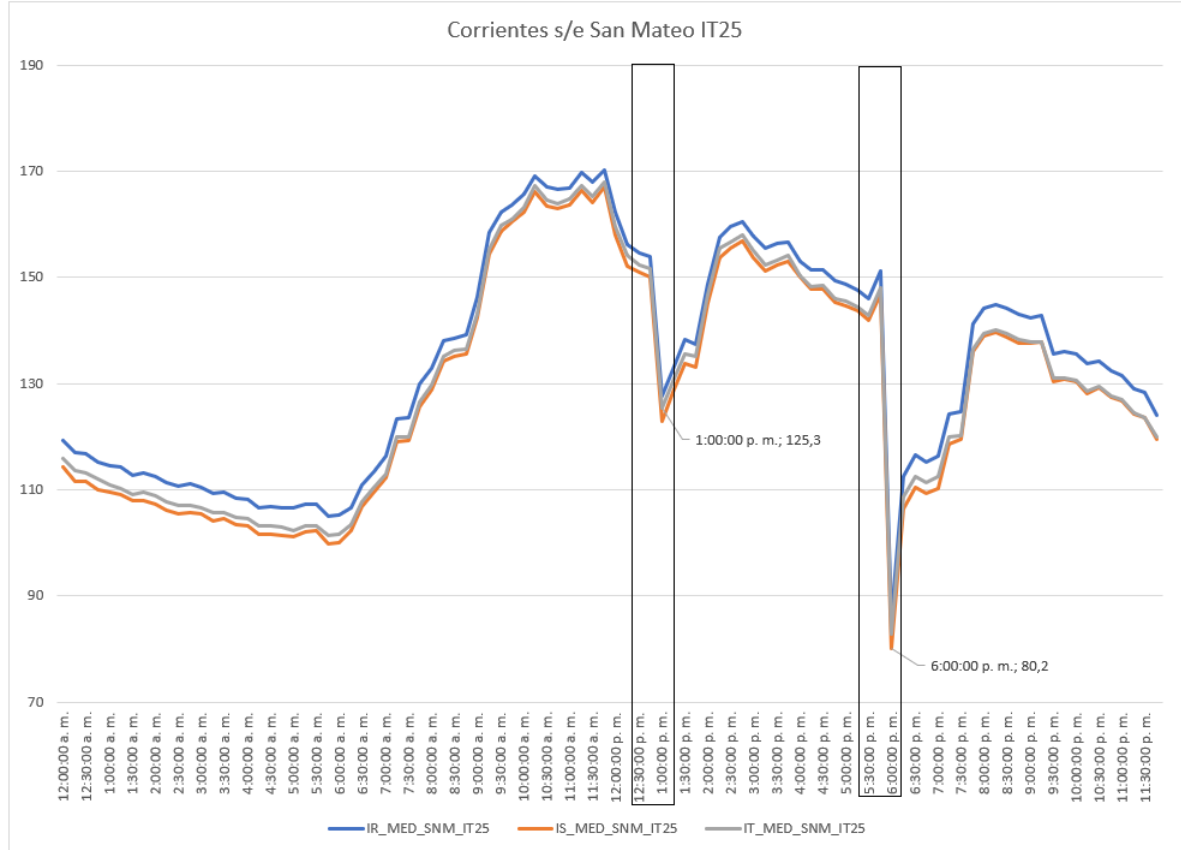


Fuente: Autor.

Interrupción & Transitorio

En la figura 76 se muestra el comportamiento de las corrientes de línea (IA, IB y IC), con mediciones del SCADA del interruptor IT25 a un nivel de tensión de 115 kV, la gráfica se representa por la fecha vs la magnitud, estas mediciones corresponden al 19 de diciembre del 2020 desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m. en intervalos de 15 minutos, los rectángulos mostrados en la figura encierran un intervalo de 30 minutos, en donde se alcanzan a percibir los eventos ocurridos la interrupción a las 05:54:36 p.m. y el transitorio a las 12:48:44 p.m., es decir, existe una discrepancia entre los tiempos del reporte CBEMA con los tiempos medidos por el medidor de los registros SCADA. Pero se puede apreciar que hay cambios bruscos en la corriente, para corroborar esta información y catalogar la hipótesis como factor contribuyente es necesario analizar si se presentó una maniobra o falla en el patio de 115 kV.

Figura 76. Corrientes de línea con mediciones del SCADA del interruptor IT25



Fuente: Autor.

6.4.1.2 Maniobra en el STN/STR

Para el análisis de esta hipótesis se considera el Plan Semestral de Mantenimiento (PSM) y el informe operativo suministrados por CENS, en el PSM se almacenan las consignas nacionales y en el informe operativo se almacena toda operación que se realiza en el sistema eléctrico de CENS, se revisan si hubo consignas nacionales que son las operaciones que corresponden al sistema de transmisión nacional, con autorización nacional. En la figura 77 se presentan el número de consignas nacionales que hubo en el histórico del 2020 que concierne a operador CENS, se analizaron los cuatro eventos seleccionados en esta grafica por el hecho de presentarse todos en diciembre este mes hubo 17 consignas de tipo nacional, lo que lleva analizar los eventos por individual de acuerdo con la fecha, hora y la actividad planeada de cada consigna nacional.

Figura 77. Consignas nacionales durante el año 2020



Fuente: Autor.

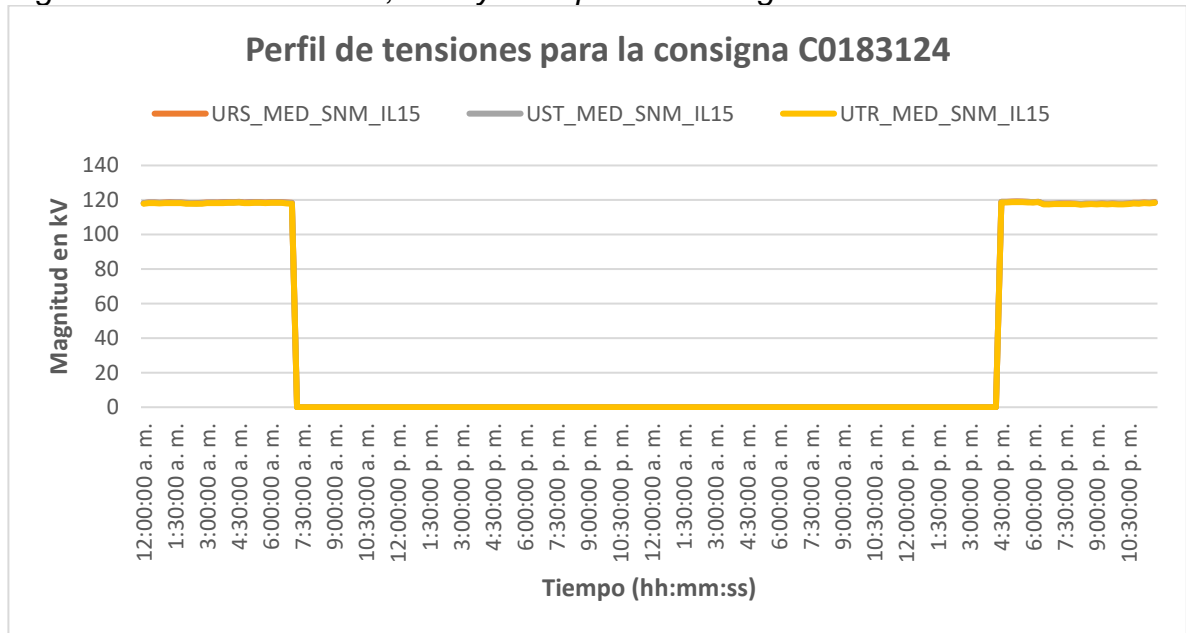
Se encontró que para el Sag presentado el 03 de diciembre de 2020 a las 04:19:21 p.m., no hay ninguna consigna que comprometa la fecha, hora y el patio de 115 kV de la subestación San Mateo. Por tanto, se puede descartar que el Sag se haya presentado por un problema generalizado en el STN.

En cuanto al Swell presentado el 08 de diciembre de 2020 a las 08:04:22 a.m., se presentó una consigna nacional en el anillo de 115 kV de la subestación Belén, pero no compromete los circuitos de enlace con el patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo. Motivo por el cual, se puede descartar que el Swell se haya presentado por un problema generalizado en el STN. Otra forma de poder validar y descartar esta hipótesis para el Swell es observando que no hubo cambios bruscos en el perfil de corrientes mostrado en la figura 75.

Para los eventos presentados el 19 de diciembre de 2020, que son la interrupción y el transitorio, se presentó una consigna nacional que compromete la configuración barra principal más barra de transferencia del patio de 115 kV de la subestación San Mateo. Esta consigna es la C0183124 con fecha de inicio 19/12/2020 7:00:00 a.m. hasta el 20/12/2020 4:30:00 p.m., donde se compromete la bahía de línea San Mateo – Ínsula (IL15) cuya actividad fue la reposición de seccionadores, tableros de control, medida y protección bahía IL15.

En la figura 78 se muestra el comportamiento del perfil de tensiones al realizarse la consigna nacional C0183124, la gráfica se representa por la fecha que duro la consigna vs la magnitud de tensión. Se puede evidenciar que a partir desde las 7:00:00 a.m. hasta las 4:30:00 p.m. del día 20/12/2020 los valores de tensión estaban en cero evidenciando la ejecución de la consigna. En cuanto a la interrupción y el transitorio no se presentaron cambios bruscos en esa fecha debido a que el sistema se encontraba abierto. Motivo por el cual, se puede descartar que la Interrupción y el transitorio se hayan presentado por un problema generalizado en el STN.

Figura 78. Tensiones URS, UST y UTR para la consigna nacional C0183124



Fuente: Autor.

6.4.2 Sistema de distribución local (SDL)

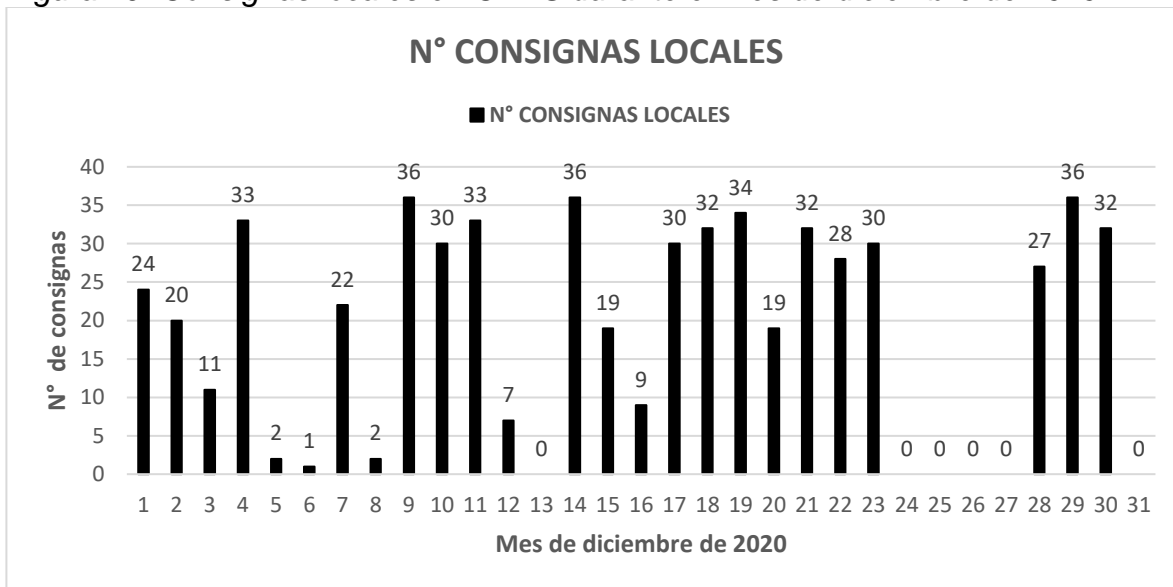
Un modo de fallo que será analizado es la de que los fenómenos se hayan presentado en el sistema de distribución local (SDL) de CENS, para este caso se estudian tres posibles hipótesis que pudieron generar el evento indeseado.

6.4.2.1 Maniobra en una subestación eléctrica

Para el análisis de esta hipótesis se considera el archivo de consignas locales y el informe operativo suministrados por la empresa, en el archivo de consignas locales se almacén las consignas aprobadas que fueron ejecutadas y en el informe operativo se almacena toda la operación que se realiza en el sistema eléctrico de CENS, se revisa en cada archivo si hubo consignas locales que corresponde a las

maniobras en la subestación eléctrica. En la figura 79 se presentan el número de consignas locales que hubo en el histórico del mes de diciembre de 2020, se analizaron los cuatro eventos seleccionados, por tanto, en los días que ocurrieron los eventos (03, 08 y 19 de diciembre) se presentaron múltiples consignas, lo que conlleva a realizar un análisis de cada una de las consignas locales con el fin de comparar la fecha, hora y subestación de la consigna con la del evento analizado. A continuación, se dará una breve descripción de las consignas presentadas:

Figura 79. Consignas locales en CENS durante el mes de diciembre de 2020



Fuente: Autor.

Se encontró que para el Sag presentado el 03 de diciembre de 2020 a las 04:19:21 p.m., no hay ninguna consigna local que comprometa la fecha, hora y el patio de 34.5 kV de la subestación San Mateo. Por tanto, se puede descartar que el Sag se haya presentado por una maniobra en una subestación.

En cuanto al Swell presentado el 08 de diciembre de 2020 a las 08:04:22 a.m., se presentó una consigna local en la celda C52 módulo 3 del patio 13.8 kV de la subestación San Mateo. Esta consigna se presentó con fecha de inicio del 08/12/2020 a las 8:06:55 a.m. hasta el 08/12/2020 a las 08:14:20 a.m. afectando a 4391 usuarios, donde su causa o motivo fue la apertura de una cuchilla de interruptor de enlace. Debido a que esta consigna se presentó en las mismas instalaciones de la subestación San Mateo, se asumirá como un posible factor contribuyente del evento indeseado.

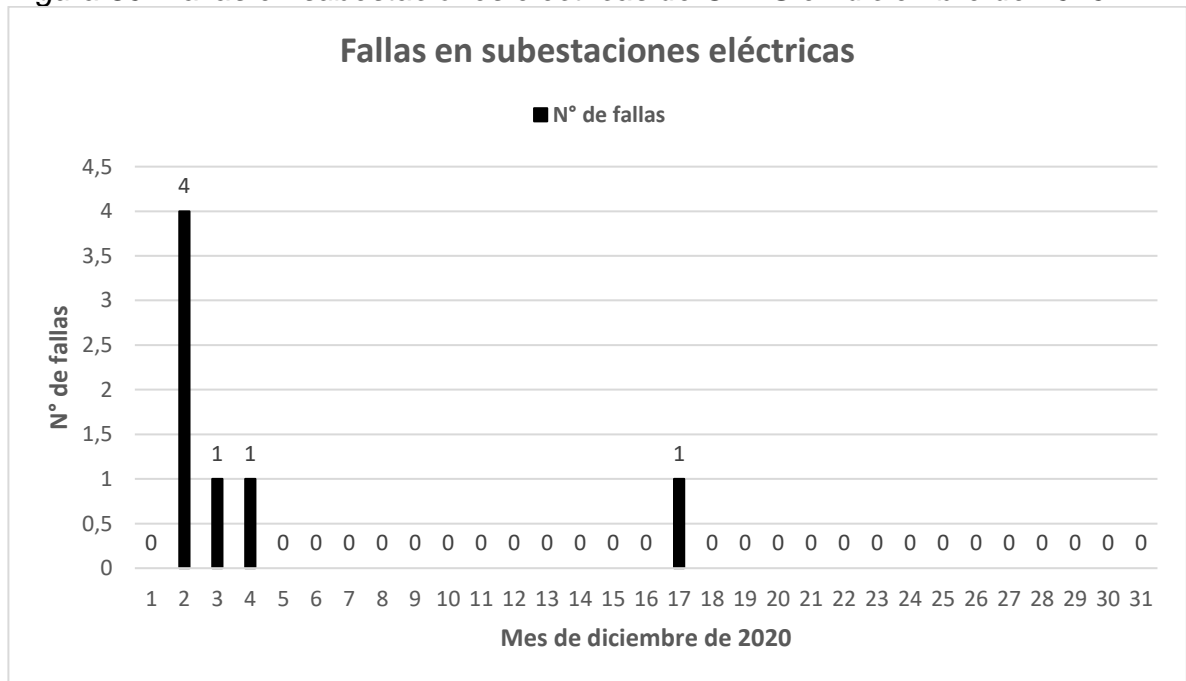
Para los eventos presentados el 19 de diciembre de 2020, que son la interrupción y el transitorio, no se presentó ninguna consigna local que comprometa la fecha, hora y el patio de 34.5 kV de la subestación San Mateo. Por tanto, se puede descartar que los eventos se hayan presentado por una maniobra en una subestación.

6.4.2.2 Accionamiento de una protección en una subestación

Para analizar esta hipótesis se considera el informe operativo, de acuerdo al mismo validar las medidas de los medidores SCADA y las mediciones de los ION7650. A continuación, se realiza el análisis de esta hipótesis para cada uno de los eventos seleccionados

En la figura 80 se observan el número de fallas eléctricas que ocurrieron en las subestaciones según el informe operativo suministrado por la empresa, se grafica por las presentadas en el histórico del mes de diciembre de 2020 en el sistema eléctrico de CENS. Se analizan los cuatro eventos seleccionados en esta gráfica por el hecho de presentarse todos en diciembre, por tanto, en los días que ocurrieron los eventos (03, 08 y 19) hubo una falla eléctrica en una subestación. Esta falla se presentó el día 03/12/2020 a las 8:41:04 a.m., donde su causa o motivo es desconocida, pero actúa protección sobre corriente fase c 3701 Amp neutro 3031 Amp sale con 4.9 MW. Aunque el Sag se presentó el 03/12/2020 a las 04:19:21 p.m. no se puede catalogar esta falla como factor contribuyente probable o causa raíz física probable debido a la discrepancia que existe entre los tiempos, en cuanto a los otros fenómenos no se presentó ninguna falla en los días donde ocurrió el evento. Además, analizando las formas de onda de voltaje no son cero en ningún instante de tiempo evidenciando el no accionamiento de una protección de 34,5 KV antes del barraje, lo que conlleva a descartar la hipótesis de un accionamiento de una protección en una subestación eléctrica en los cuatro eventos seleccionados.

Figura 80. Fallas en subestaciones eléctricas de CENS en diciembre de 2020



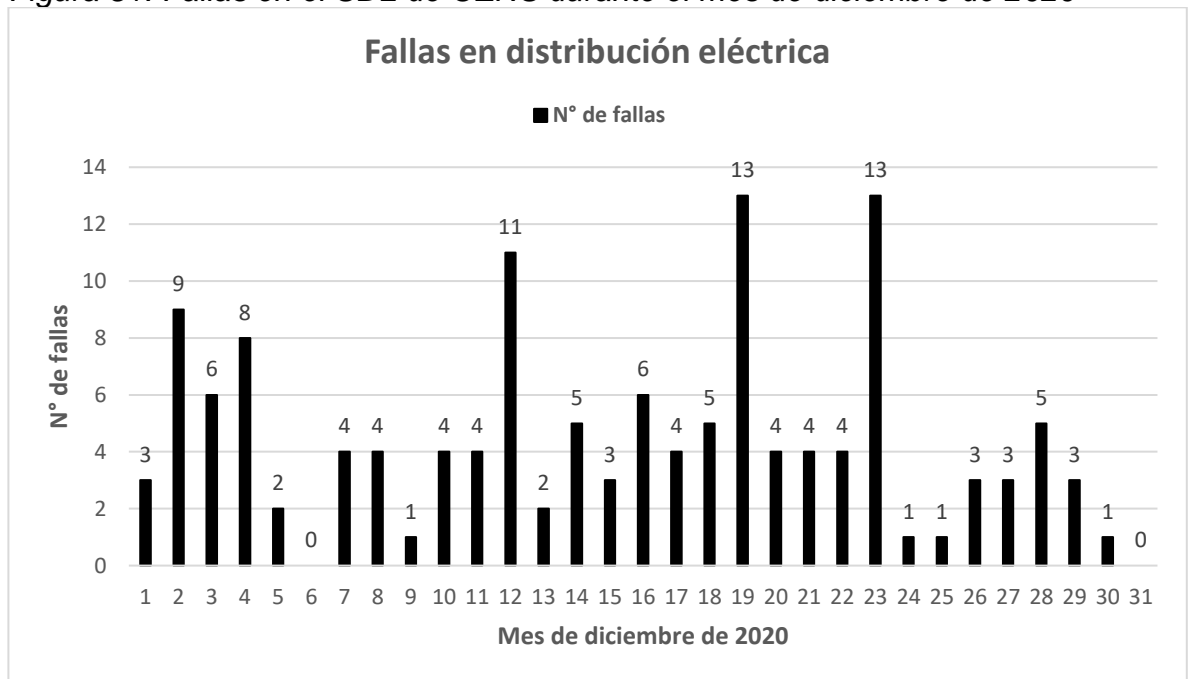
Fuente: Autor.

6.4.2.3 Accionamiento de una protección en distribución

La gran parte de los fenómenos son presentados en los sistemas eléctricos de distribución y son a causa de fallas eléctricas que conllevan al accionamiento de una protección dependiendo de la magnitud y duración del evento. Para el análisis de esta hipótesis se considera el informe operativo (registro de interrupciones general, interrupciones de arranque e interrupciones de transformadores) y las mediciones de voltaje y corriente del medidor ION7650. A continuación, se realiza el desarrollo del análisis para cada uno de los eventos seleccionados.

En la figura 81 se observa el número de fallas eléctricas que ocurrieron en el sistema de distribución local durante el mes de diciembre del 2020, estas fallas se sacaron de los registros de interrupciones del informe operativo suministrado por CENS, se analizan los cuatro eventos presentados en esta grafica por el hecho de presentarse todos en diciembre, por tanto, los días que ocurrieron los eventos (03, 08 y 19) se presentaron múltiples fallas eléctricas, motivo por el cual es necesario analizar cada evento para evidenciar si las fallas presentadas en el sistema de distribución son la causa raíz física probable o factores contribuyentes.

Figura 81. Fallas en el SDL de CENS durante el mes de diciembre de 2020



Fuente: Autor.

Sag

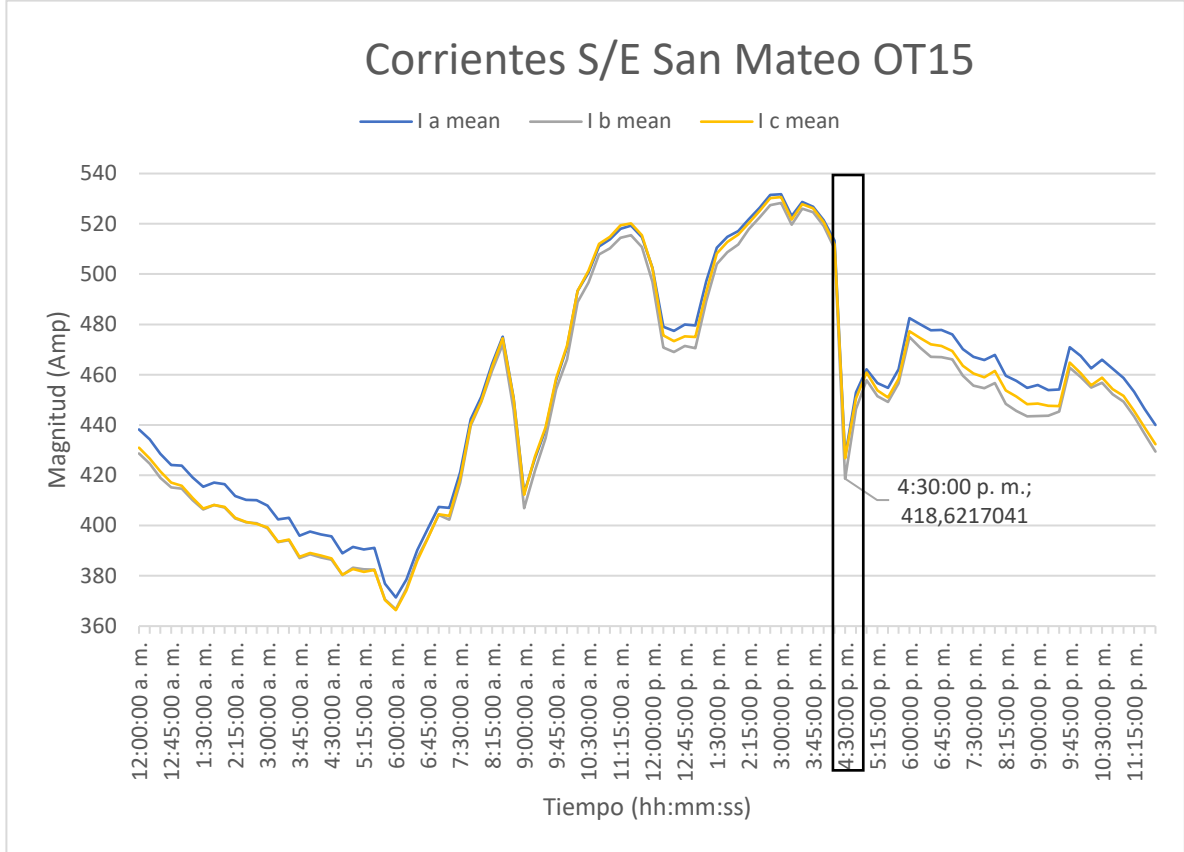
Como se puede ver en la figura 81 según el informe operativo de CENS el 03 de diciembre de 2020 se presentaron 6 fallas en el sistema de distribución local, hay una falla que corresponde con fecha, hora y circuito con los del Sag, la falla ocurrió el 03/12/2020 a las 04:19:23 p.m. hasta el 03/12/2020 4:19:52 p.m., el circuito involucrado es SANOL15 y el circuito de la línea es San Mateo Línea 2, esta falla afecta a 581 usuarios donde sale con 5.7 MW. La causa o motivo de la falla es desconocida, pero actúa la protección de sobre corriente fase ABN registrando corrientes de falla 3462-2869-2023 Amp.

El Sag descrito en la sección 6.2.1 se presentó el 03/12/2020 a las 04:19:21 p.m., según la forma de onda del voltaje de la figura 66, principalmente se ve afectada la fase V2 (fase B), consiguiente la fase V1 (fase A) y por último la fase V3 (fase C).

En la figura 82 se presentan el perfil de corrientes medidas por el ION 7650, estas mediciones son cada 15 minutos, el cual almacena el valor medio de la tendencia de las mediciones de corriente. El rectángulo encierra las mediciones desde las 04:00:00 p.m. hasta las 04:45:00 p.m. en lapsos de 15 minutos, en la gráfica se puede apreciar el cambio brusco en las curvas se presentó a las 04:30:00 p.m. por tanto coincide con la fecha, hora y circuito del Sag. Se observa el decremento en las tres fases (IA, IB e IC) alcanzando un 62 % por debajo de la corriente nominal.

Estas mediciones de corrientes, las gráficas 81 y 82 y el informe operativo de CENS evidencian el accionamiento de una protección debido a una falla trifásica o apertura de un dispositivo de maniobra en este instante de tiempo, por la razón del decremento en las tres fases de corriente. Según los análisis realizados anteriormente se categoriza esta hipótesis como una factor contribuyente probable.

Figura 82. Perfil de corrientes medidas por el ION7650 el 03 de diciembre de 2020



Fuente: Autor.

✚ Swell

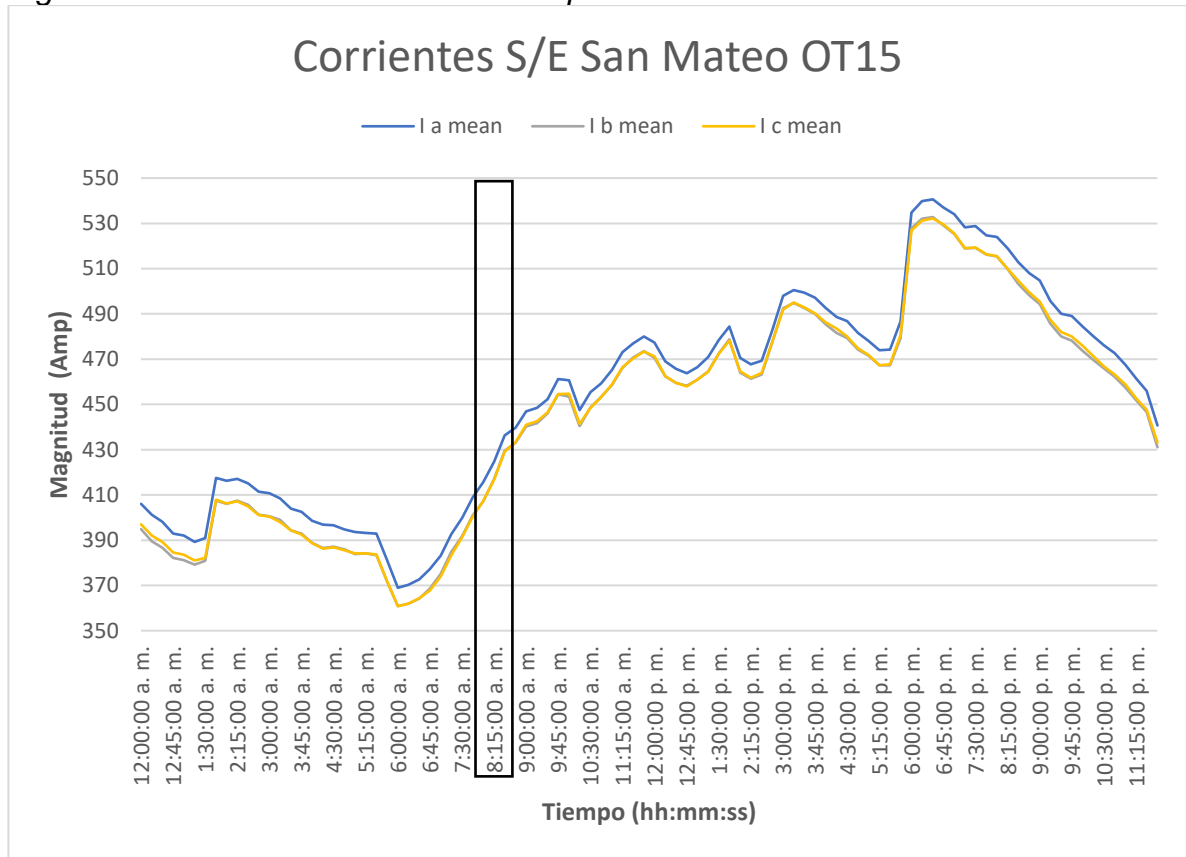
Como se puede ver en la figura 81 según el informe operativo de CENS el 08 de diciembre de 2020 se presentaron 4 fallas en el sistema de distribución local, se analizaron y ninguna corresponde con fecha, hora y circuito con los del Swell.

El Swell descrito en la sección 6.2.2 se presentó el 08/12/2020 a las 08:04:22 a.m., según la forma de onda del voltaje de la figura 68, principalmente se ve afectada la fase $V2_{max}$ (fase B) produciendo el Swell, consiguiente la fase $V1_{min}$ (fase A) produciendo un decremento en la forma de onda y por último la fase $V3$ (fase C) que se mantuvo estable.

En la figura 83 se presentan el perfil de corrientes medidas por el ION 7650, estas mediciones son cada 15 minutos, el cual almacena el valor medio de la tendencia de las mediciones de corriente. El rectángulo encierra las mediciones desde las 08:00:00 a.m. hasta las 08:30:00 a.m. en lapsos de 15 minutos, en la gráfica no se puede apreciar ningún cambio brusco en las curvas de corriente.

Estas mediciones de corrientes, las gráficas 81 y 83 y el informe operativo de CENS evidencian que no se presentó ningún tipo de falla ante la presencia del Swell, de igual forma no pudo haberse presentado un accionamiento en una protección eléctrica en ese instante de tiempo, por la razón del no aumento en las 3 fases de corriente. Según los análisis anteriores categorizan a esta hipótesis como descartada.

Figura 83. Perfil de corrientes medidas por el ION7650 el 08 de diciembre de 2020



Fuente: Autor.

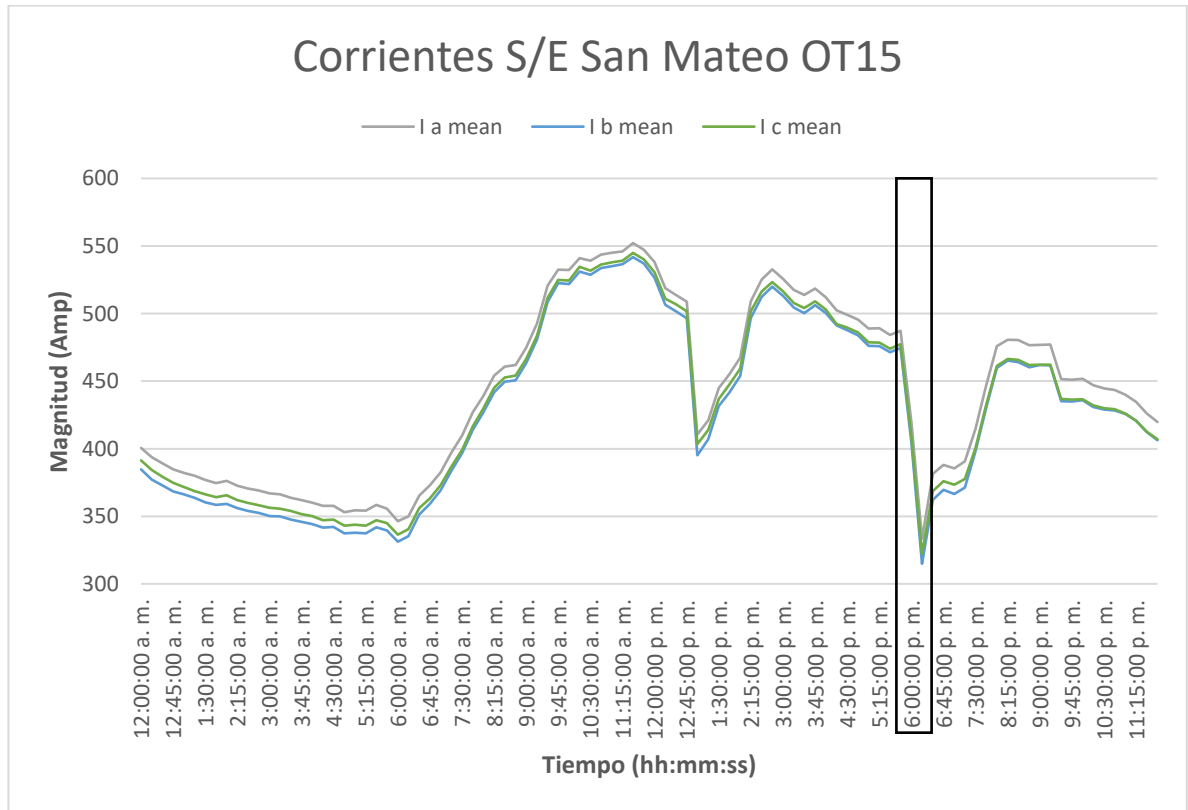
✚ Interrupción

Como se puede ver en la figura 81 según el informe operativo de CENS el 19 de diciembre de 2020 se presentaron 13 fallas en el sistema de distribución local, hay una apertura que corresponde con fecha, hora y circuito con la interrupción, la apertura ocurrió el 19/12/2020 a las 5:54:40 p.m. hasta el 19/12/2020 5:56:45 p.m., el circuito involucrado es SANOL15 y el circuito de la línea es San Mateo Línea 2, esta apertura afecta a 581 usuarios donde sale con 3.6 MW. La causa o motivo de apertura es desconocida, pero actúa protección de sobre corriente fase A 4051 Amp, fase b 3961 Amp, fase C 3947 Amp.

La interrupción descrita en la sección 6.2.4 se presentó el 19/12/2020 a las 5:54:36 p.m., según la forma de onda del voltaje de la figura 72, principalmente se ve afectada la fase V2 (fase B), consiguiente la fase V1 (fase A) y por último la fase V3 (fase C).

En la figura 84 se presentan el perfil de corrientes medidas por el ION 7650, estas mediciones son cada 15 minutos, el cual almacena el valor medio de la tendencia de las mediciones de corriente. El rectángulo encierra las mediciones desde las 05:45:00 p.m. hasta las 06:30:00 p.m. en lapsos de 15 minutos, en la gráfica se puede apreciar el cambio brusco en las curvas se presentó a las 06:00:00 p.m. por tanto coincide con la fecha, hora y circuito de la interrupción. Se observa el decremento en las tres fases (IA, IB e IC) alcanzando un 47 % por debajo de la corriente nominal.

Figura 84. Perfil de corrientes de la interrupción medidas por el ION7650 el 19 de diciembre de 2020



Fuente: Autor.

Estas mediciones de corrientes, las gráficas 81 y 84 y el informe operativo de CENS evidencian el accionamiento de una protección o apertura de un dispositivo de maniobra en este instante de tiempo, por la razón del decremento en las tres fases de corriente. Según los análisis realizados anteriormente se categoriza esta hipótesis como un factor contribuyente probable.

Transitorio

Como se puede ver en la figura 81 según el informe operativo de CENS el 19 de diciembre de 2020 se presentaron 13 fallas en el sistema de distribución local, hay dos falla que corresponden con fecha, hora y circuito con el transitorio. La primera falla ocurrió el 19/12/2020 a las 12:47:48 p.m. hasta el 19/12/2020 12:48:45 p.m., el circuito involucrado es SANOL15 y el circuito de la línea es San Mateo Línea 2, esta falla afecta a 581 usuarios donde sale con 6.4 MW. La causa o motivo de la falla es desconocida, pero actúa protección de sobre corriente fase C 1026 Amp N 942 Amp.

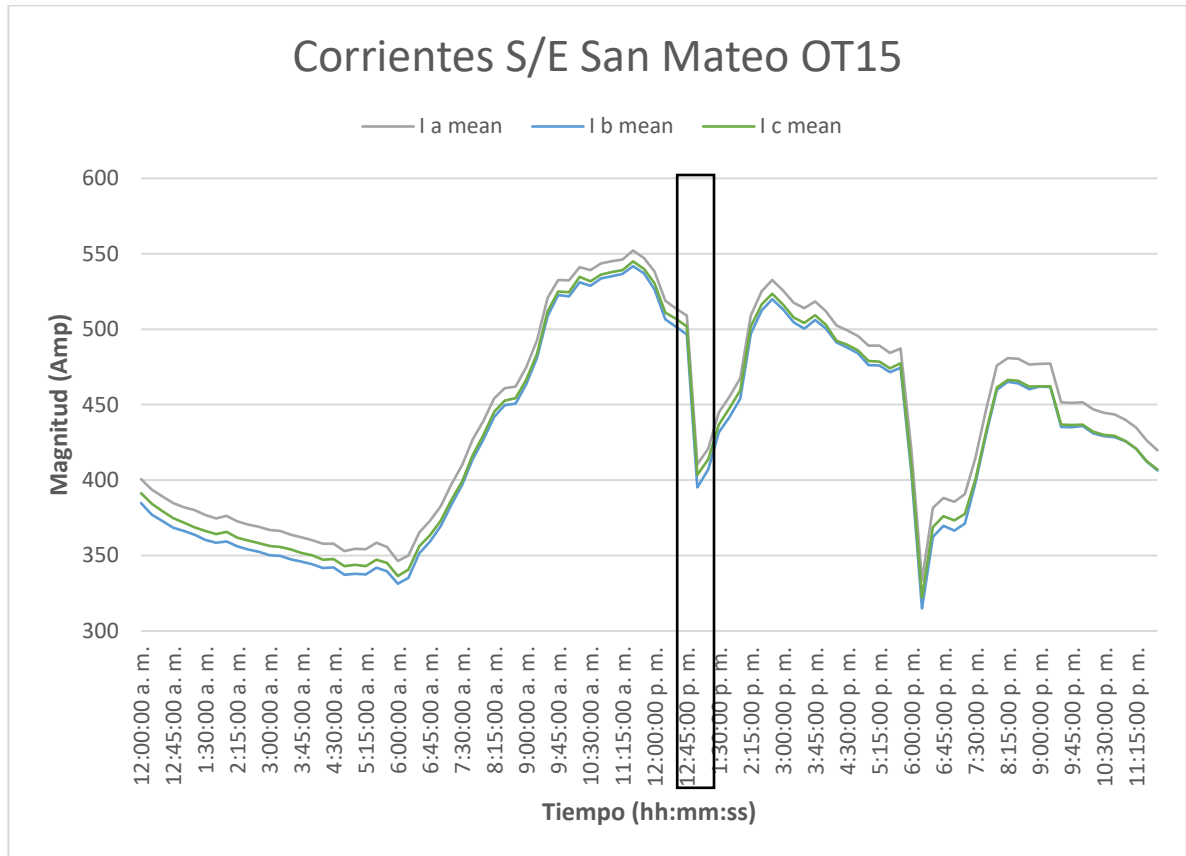
La segunda falla ocurrió el 19/12/2020 12:47:48 p.m. hasta el 19/12/2020 12:51:13 p.m. el circuito involucrado es SANOL25 y el circuito de la línea es San Mateo Línea Cementos, esta falla afecta a 1 usuario donde sale con 4.9 MW. La causa o motivo de la falla es desconocida, pero actúa protección de sobre corriente fase A 301 Amp, fase B 169 Amp, fase C 182 Amp.

El transitorio descrito en la sección 6.2.3 se presentó el 19/12/2020 a las 12:48:44 p.m., según la forma de onda del voltaje de la figura 70, principalmente se ve afectada la fase V3 (fase C), consiguiente la fase V1 (fase A) y por último la fase V2 (fase B).

En la figura 85 se presentan el perfil de corrientes medidas por el ION 7650, estas mediciones son cada 15 minutos, el cual almacena el valor medio de la tendencia de las mediciones de corriente. El rectángulo encierra las mediciones desde las 12:45:00 p.m. hasta las 01:15:00 p.m. en lapsos de 15 minutos, en la gráfica se puede apreciar el cambio brusco en las curvas se presentó a las 01:00:00 p.m. por tanto coincide con la fecha, hora y circuito de la transitorio. Se observa el decremento en las tres fases (IA, IB e IC).

Estas mediciones de corrientes, las gráficas 81 y 85 y el informe operativo de CENS evidencian el accionamiento de una protección o apertura de un dispositivo de maniobra en este instante de tiempo, por la razón del decremento en las tres fases de corriente. Según los análisis realizados anteriormente se puede evidenciar que el transitorio ocurre entre los tiempos en que se presentan las fallas, motivo por el cual se categoriza esta hipótesis como una factor contribuyente probable.

Figura 85. Perfil de corrientes del transitorio medidas por el ION7650 el 19 de diciembre de 2020



Fuente: Autor.

6.4.3 Subestación eléctrica interconectada

Los eventos de calidad de energía pueden afectar el sistema eléctrico a extensos kilómetros de distancia desde su origen, es por ello que se analiza el modo de fallo “subestación eléctrica interconectada”, es decir conectada al patio de 34,5 kV de San Mateo. Para el desarrollo de este modo de fallo se plantean tres hipótesis, la primera es verificar que otra subestación también identifico el evento según los reportes CBEMA. Además de analizar el informe operativo se verifica con la telemida por cada usuario. Se seleccionó un top cinco de los usuarios que presentan mayor demanda de consumo por cada subestación eléctrica interconectada, los cuales fueron:

- ✚ **Subestación eléctrica Atalaya** (Arrocera La Perla MT S.A.S.; Comunicación Celular S.A. - Comcel Cuc Motilones; Comunicación Celular S.A. - Comcel Cuc Las Cruces; Supermercado Los Montes – Motilones; Comunicación Celular S.A. - Antonia Santos)

- ✚ **Subestación eléctrica Belén** (Coagronorte - Arroz Oro; Ladrillera Casablanca; Centro Comercial Nuevo Alejandría; Aguas Kpital Estación Doña Nidia; Aguas Kpital Estación Tasajero)
- ✚ **Subestación eléctrica Escobal** (Industrias Saga De Colombia S.A.S.; Industrias Kamiplast S.A.S.; Tintorería Colors Jeans; Supermercado Los Montes – Gazapa; Preconcretos S.A.)
- ✚ **Subestación eléctrica Ínsula** (Cerámica Italia S.A.; Lavandería Yuki Sports)
- ✚ **Subestación eléctrica Samán** (Movistar - Cra 7 4-11 V. Del Rosario; Tejar Arcillas Del Rosario S.A.S; Ladrillera El Topacio; Tejar Margres; Ladrillera Norsan)
- ✚ **Subestación eléctrica San Mateo** (Industrias Marplast S.A.S.; Arrocera Gelvez; Pasteurizadora La Mejor; Hospital Erasmo Meoz; I.P.S. Unipamplona; Plásticos Formosa Ltda.; Home Center Sodimac; Fabrica De Bolsas Del Caribe; Clínica Medical Duarte; Clínica San José; Plásticos Dubái; Vasos Y Bolsas Del Caribe S.A.S; Unicentro Áreas Comunes; Almacén Éxito CC. El Vivero; Movistar - Av. 0 10-45 Centro; Carrefour Libertadores; Carrefour Ventura Plaza; Cementos Diamante S.A.; Postobón - Gaseosas La Frontera S.A.; Transmateriales S.A.)

A continuación, se presenta el desarrollo del análisis de las hipótesis por cada tipo de evento seleccionado.

6.4.3.1 Evento analizado

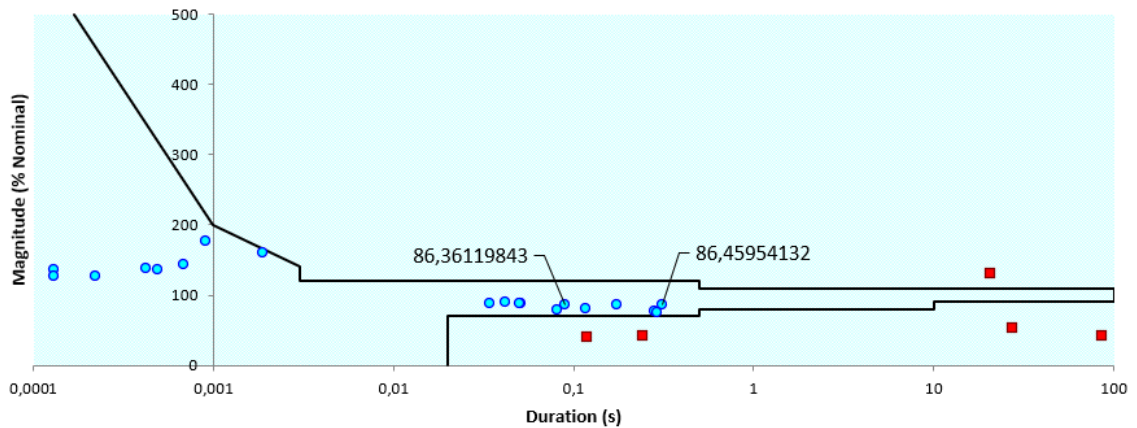
Para realizar el análisis de esta hipótesis se solicitó los reportes CBEMA de las subestaciones que tienen enlace con el patio de 34.5 kV de San Mateo, este reporte almacena aquellos eventos que se presentan con mayor magnitud y duración. El objetivo de esta hipótesis es comparar los eventos seleccionados en la tabla 14 con los eventos que se presentaron para cada subestación enlazadas, con esto se busca la idea de encontrar si algún usuario fue el que produjo el evento indeseado.

A continuación, se realiza el análisis de los reportes CBEMA para cada una de las subestaciones enlazadas, donde se comparará la fecha y hora con los eventos analizados:

Subestación Atalaya

En la figura 86 se muestran los eventos que se presentaron en la subestación Atalaya para el mes de diciembre de 2020, el Sag 1 presentado el 03/12/20 a las 04:19:34 p.m. tiene una discrepancia de tiempo de 13 segundos con respecto al Sag analizado en la tabla 14, en cuanto al Sag 2 presentado el 08/12/2020 a las 08:04:36 a.m. no se va considerar ya que el evento analizado para esa fecha y hora es un Swell, por tanto, no pudo haber inferido en el evento indeseado.

Figura 86. Eventos presentados en Atalaya curva ITIC CBEMA [1996]
Disturbances [1996 CBEMA - ITIC]



ATALAYA.UAD1_34KV_ATAC345 - Sags, Swells & Transients

Time Stamp	Type	Pha	Duration (s)	Magnitude (% Nominal)
2020-dic-03 16:19:34.246	Sag	V2	0,310000002	86,45954132
2020-dic-08 08:04:36.356	Sag	V3	0,090000004	86,36119843

Meter Configuration

Meter	Basic Config	Transient Config	Sag/Swell Config
ATALAYA.UAD1_34KV_ATAC345	PT1-PT2 CT1-CT2 NomSV	Threshold	Sag Lim Swell Lim
	34500 - 120 400 - 5 19919	125	90 110

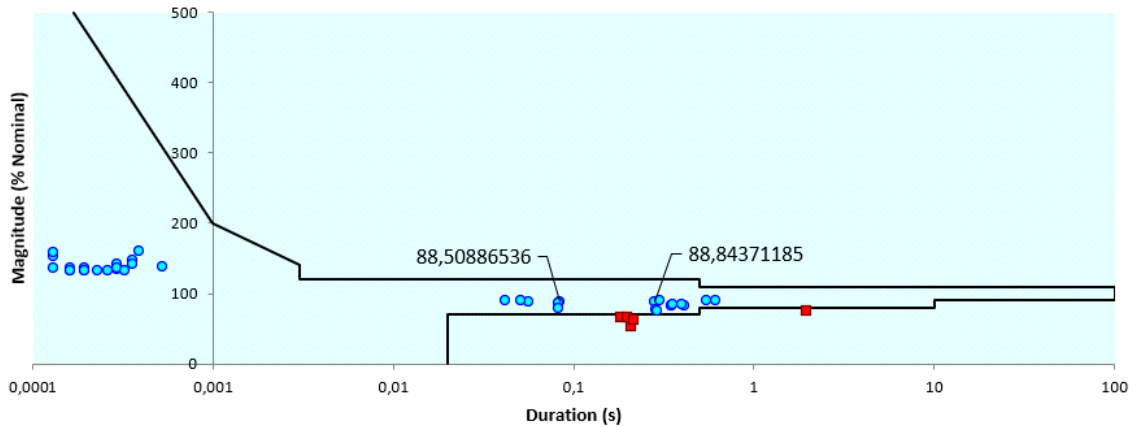
Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Para considerar el Sag 1 como posible factor contribuyente del Sag seleccionado en la tabla 14, se analizarán los consumos de energía (KWHD) de los usuarios de Atalaya para verificar si se presentó algún cambio brusco en la forma de onda debido a este fenómeno, en base a esto se indicará si esta hipótesis se va a considerar como facto contribuyente o simplemente se descarta.

Subestación Belén

En la figura 87 se muestran los eventos que se presentaron en el patio de 34.5 kV circuito C37 de la subestación Belén para el mes de diciembre de 2020, el Sag 1 presentado el 03/12/20 a las 04:19:20 p.m. tiene una discrepancia de tiempo de 1 segundo con respecto al Sag analizado en la tabla 14, en cuanto al Sag 2 presentado el 08/12/2020 a las 08:04:21 a.m. no se va considerar ya que el evento analizado para esa fecha y hora es un Swell, por tanto, no pudo haber inferido en el evento indeseado.

Figura 87. Eventos presentados en Belén curva ITIC CBEMA [1996]
Disturbances [1996 CBEMA - ITIC]



BELEN.UAD3_34KV_C37 - Sags, Swells & Transients

Time Stamp	Type	Pha	Duration (s)	Magnitude (% Nominal)
2020-dic-03 16:19:20.383	Sag	V2	0,282000005	88,84371185
2020-dic-08 08:04:21.892	Sag	V1	0,083999999	88,50886536

Meter Configuration

Meter	Basic Config	Transient Config	Sag/Swell Config
BELEN.UAD3_34KV_C37	PT1-PT2 CT1-CT2 NomSV	Threshold	Sag Lim Swell Lim
	34500 - 115 800 - 5 19919	125	90 110

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

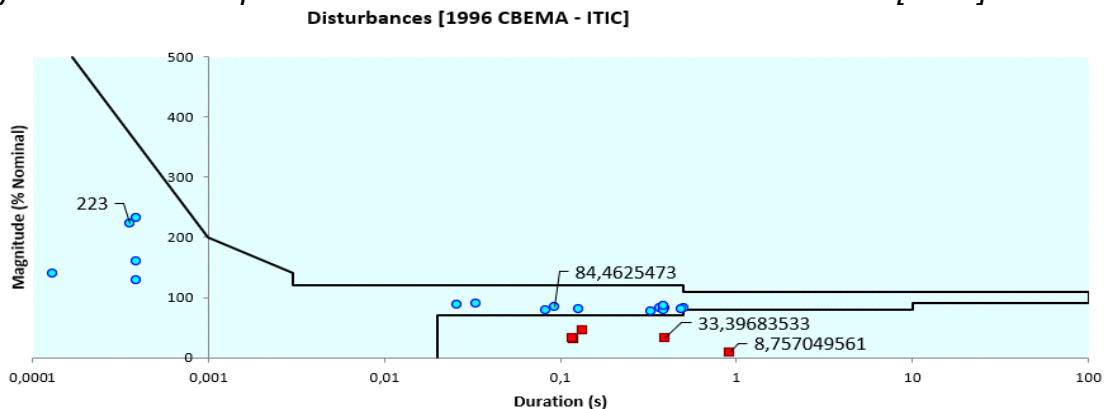
Para considerar el Sag 1 como posible factor contribuyente del Sag seleccionado en la tabla 14, se analizarán los consumos de energía (KWHD) de los usuarios de Belén para verificar si se presentó algún cambio brusco en la forma de onda debido a este fenómeno, en base a esto se indicará si esta hipótesis se va a considerar como facto contribuyente o simplemente se descarta.

Subestación El Samán

En la figura 88 se muestran los eventos que se presentaron en la subestación El Samán para el mes de diciembre de 2020, el Sag *Exceeds Tolerance presentado el 03/12/20 a las 04:19:31 p.m. tiene una discrepancia de tiempo de 10 segundos con respecto al Sag analizado en la tabla 14, en cuanto al Sag presentado el 08/12/2020 a las 08:04:33 a.m. no se va considerar ya que el evento analizado para esa fecha y hora es un Swell, por tanto, no pudo haber inferido en el evento indeseado.

El Transitorio presentado el 19/12/2020 a las 12:48:58 p.m. se ajusta a la fecha y hora del evento analizado en la tabla 14 con una discrepancia entre tiempos de 14 segundos. En cuanto a la interrupción presentada el 19/12/2020 a las 05:54:50 p.m. se ajusta a la fecha y hora de la interrupción analizada en la tabla 14 con una discrepancia entre tiempos de 14 segundos.

Figura 88. Eventos presentados en El Samán curva ITIC CBEMA [1996]



SAMAN.UAD1_34KV_RECLOSER - Sags, Swells & Transients

Time Stamp	Type	Pha	Duration (s)	Magnitude (% Nominal)
2020-dic-03 16:19:31,268	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0,393000007	33,39683533
2020-dic-08 08:04:33,681	Sag	V3	0,093000002	84,4625473
2020-dic-19 12:48:58,281	Trans	V3	0,000358	223
2020-dic-19 17:54:50,268	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0,916000009	8,757049561

Meter Configuration

Meter	Basic Config	Transient Config	Sag/Swell Config
SAMAN.UAD1_34KV_RECLOSER	PT1-PT2 CT1-CT2 NomSV	Threshold	Sag Lim Swell Lim
	34500 - 115 200 - 5 19919	125	90 110

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

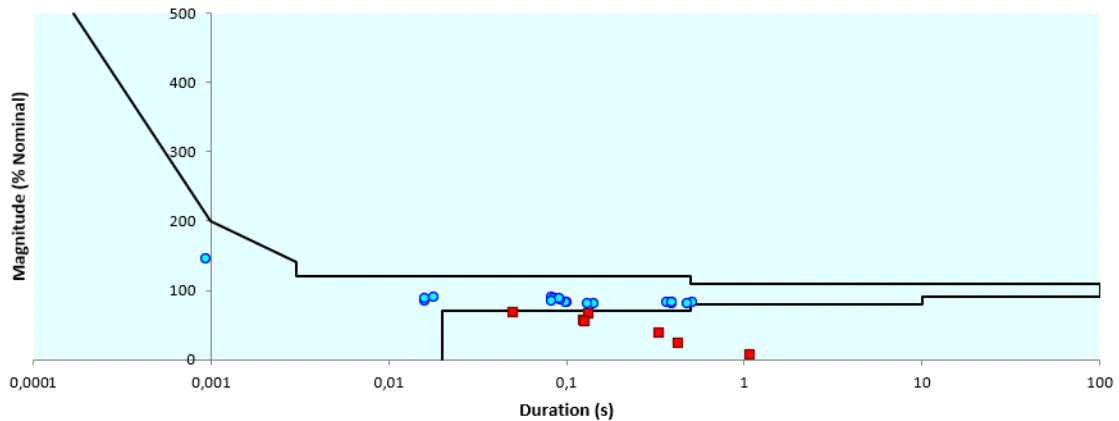
Para considerar el Sag *Exceeds Tolerance, el Transitorio y la interrupción como posibles factores contribuyentes de los eventos seleccionados en la tabla 14, se analizarán los consumos de energía (KWHD) de los usuarios de la subestación El Samán para verificar si se presentó algún cambio brusco en la forma de onda debido a estos fenómenos, en base a esto se indicará si esta hipótesis se va a considerar como facto contribuyente o simplemente se descarta.

Subestación Escobal

En la figura 89 se muestran los eventos que se presentaron en la subestación Escobal para el mes de diciembre de 2020, el Sag *Exceeds Tolerance presentado el 03/12/20 a las 04:19:20 p.m. tiene una discrepancia de tiempo de 1 segundo con respecto al Sag analizado en la tabla 14, en cuanto al Sag presentado el 08/12/2020 a las 08:04:21 a.m. no se va considerar ya que el evento analizado para esa fecha y hora es un Swell, por tanto, no pudo haber inferido en el evento indeseado.

Para la interrupción (*Sag *Exceeds Tolerance*) presentada el 19/12/2020 a las 05:54:35 p.m. se ajusta a la fecha y hora de la interrupción analizada en la tabla 14 con una discrepancia entre tiempos de 1 segundo.

Figura 89. Eventos presentados en Escobal curva ITIC CBEMA [1996]
Disturbances [1996 CBEMA - ITIC]



ESCOBAL.UAD2_13KV_C60 - Sags, Swells & Transients

Time Stamp	Type	Pha	Duration (s)	Magnitude (% Nominal)
2020-dic-03 16:19:20,605	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0,423999995	24,13100243
2020-dic-08 08:04:21,842	Sag	V3	0,100000001	82,46026611
2020-dic-19 17:54:35,941	<i>Sag *Exceeds Tolerance</i>	<i>V1</i>	<i>1,083999991</i>	<i>7,418068409</i>
2020-dic-19 17:54:37,741	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0,333000004	38,55496216

Meter Configuration

Meter	Basic Config	Transient Config	Sag/Swell Config
ESCOBAL.UAD2_13KV_C60	PT1-PT2 CT1-CT2 NomSV	Threshold	Sag Lim Swell Lim
	13200 - 115 1600 - 5 7620	125	90 110

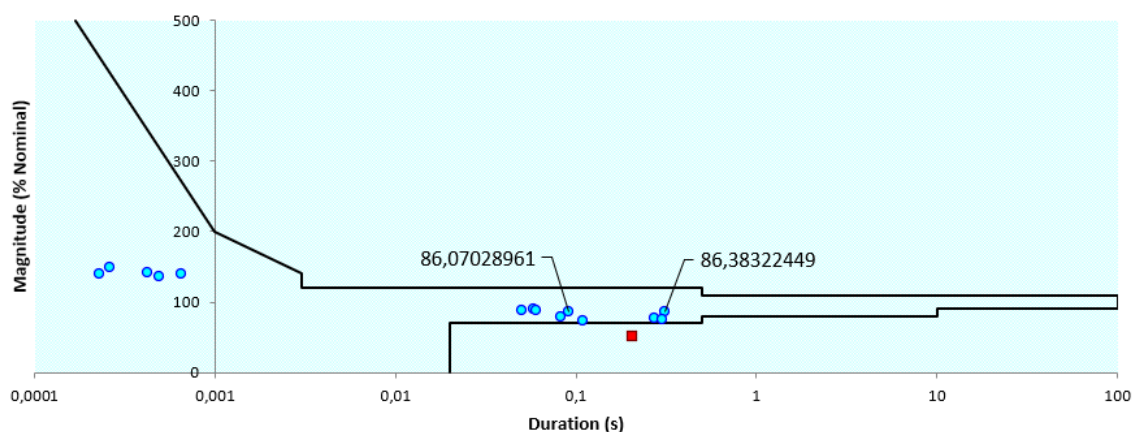
Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Para considerar el Sag *Exceeds Tolerance y la interrupción como posibles factores contribuyentes de los eventos seleccionados en la tabla 14, se analizarán los consumos de energía (KWHD) de los usuarios de la subestación Escobal para verificar si se presentó algún cambio brusco en la forma de onda debido a estos fenómenos, en base a esto se indicará si esta hipótesis se va a considerar como facto contribuyente o simplemente se descarta.

✚ Subestación Ínsula

En la figura 90 se muestran los eventos que se presentaron en la subestación Ínsula para el mes de diciembre de 2020, el Sag 1 presentado el 03/12/20 a las 04:19:20 p.m. tiene una discrepancia de tiempo de 1 segundo con respecto al Sag analizado en la tabla 14, en cuanto al Sag 2 presentado el 08/12/2020 a las 08:04:21 a.m. no se va considerar ya que el evento analizado para esa fecha y hora es un Swell, por tanto, no pudo haber inferido en el evento indeseado.

Figura 90. Eventos presentados en Ínsula curva ITIC CBEMA [1996]
Disturbances [1996 CBEMA - ITIC]



INSULA.UAD2_34KV_INSC75 - Sags, Swells & Transients

Time Stamp	Type	Pha	Duration (s)	Magnitude (% Nominal)
2020-dic-03 16:19:20.619	Sag	V3	0,310000002	86,38322449
2020-dic-08 08:04:21.846	Sag	V2	0,090999998	86,07028961

Meter Configuration

Meter	Basic Config	Transient Config	Sag/Swell Config
INSULA.UAD2_34KV_INSC75	PT1-PT2 CT1-CT2 NomSV	Threshold	Sag Lim Swell Lim
	34500 - 115 600 - 5 19919	125	90 110

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Para considerar el Sag 1 como posible factor contribuyente del evento seleccionado en la tabla 14, se analizarán los consumos de energía (KWHD) de los usuarios de la subestación Ínsula para verificar si se presentó algún cambio brusco en la forma de onda debido a estos fenómenos, en base a esto se indicará si esta hipótesis se va a considerar como facto contribuyente o simplemente se descarta.

6.4.3.2 Falla eléctrica & Maniobra usuarios

Para realizar el análisis de esta hipótesis se solicitó las medidas de Telemetria de los usuarios de las subestaciones que tienen enlace con el patio de 34.5 kV de San Mateo, este reporte almacena el consumo de energía (KWHD), (KVARHD), entre otras medidas. El objetivo de esta hipótesis es verificar y comparar el consumo de energía con los eventos analizados en la tabla 14 y con los eventos que se presentaron para cada subestación enlazada, con esto se busca la idea de encontrar si algún usuario fue el que produjo el evento indeseado.

A continuación, se realiza el análisis de telemetria para cada uno de los usuarios de las subestaciones enlazadas, donde se comparará la fecha y hora con los eventos analizados:

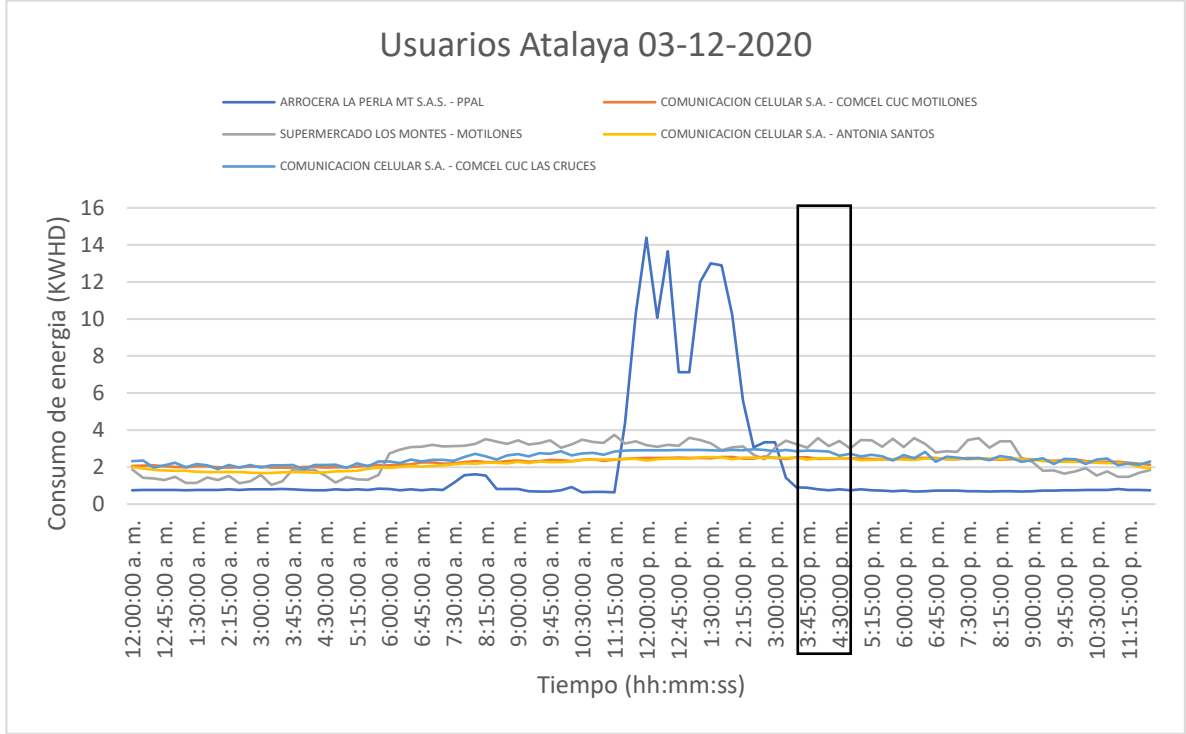
Sag

En las siguientes figuras 91, 92 ,93 ,94 y 95 se gráfica la demanda de consumos por cada usuario representada mediante el consumo de potencia activa (KWHD), se grafica el día 03/12/2020 cuando ocurre el Sag, las horas que se graficaron por día van desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m., incluyendo la hora en que se presentó el evento (04:19:21 p.m.) Los rectángulos de las figuras encierran las mediciones desde las 03:45 p.m. hasta 04:30 p.m. en lapsos de 15 minutos.

El Sag analizado se presentó el 03/12/2020 a las 04:19:21 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 03/12/2020 a las 04:30:00 p.m. (teniendo en cuenta el tiempo de medición de 15 minutos). En los usuarios de las subestaciones Atalaya, Belén, El Samán, Escobal y Ínsula (figuras 91, 92 ,93 ,94 y 95) no se observa ningún cambio brusco (04:30:00 p.m.) en ninguna de las gráficas el día del evento a la hora del evento, es decir, el Sag no afectó el proceso de los usuarios de las subestaciones eléctricas enlazadas, por tanto, se descartan las hipótesis de evento analizado, maniobra de usuarios y falla eléctrica por parte de los usuarios mencionados anteriormente.

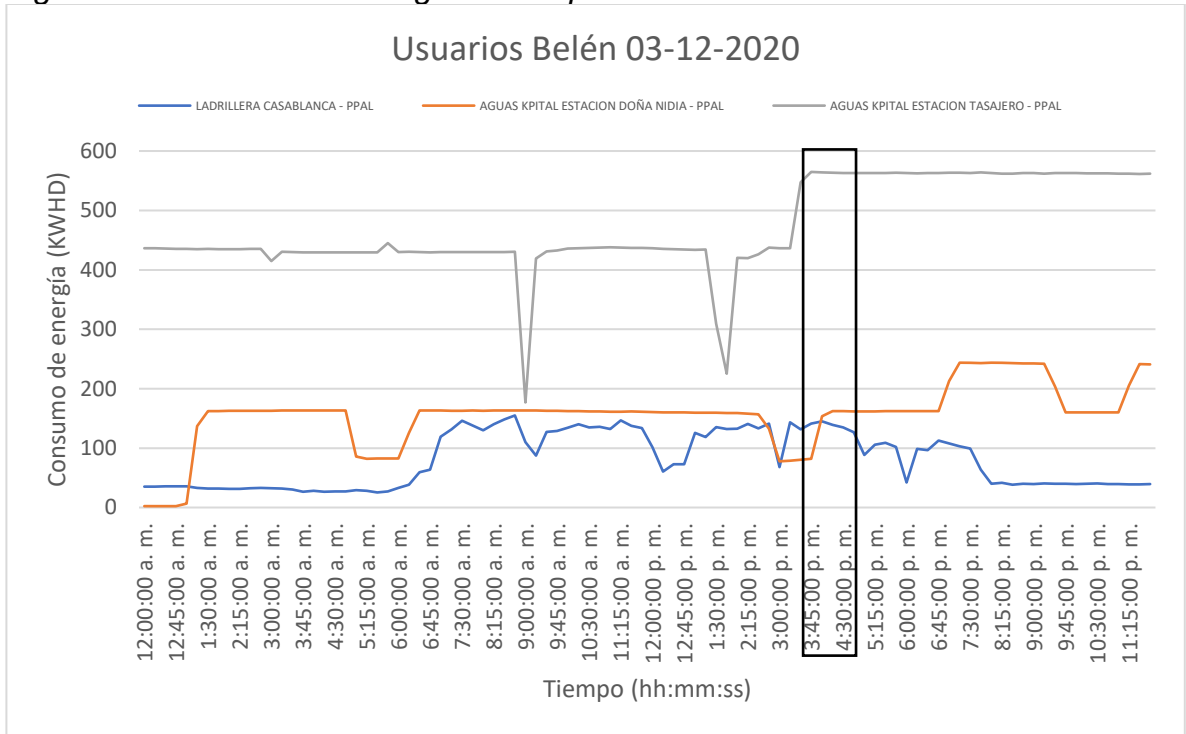
Cabe resaltar que existen usuarios con registros de telemetria con tiempo de medición (1 hora). Estos usuarios no se van a considerar de aquí en adelante, debido al porcentaje de error que se presentaría al analizar datos registrados cada hora. Estos usuarios son: Belén (Coagronorte - Arroz Oro – ppal., Centro Comercial Nuevo Alejandría – pal.), El Samán (Tejar Margres – ppal.), Ínsula (Cerámica Italia S.A. – ppal., Lavandería Yuki Sports – ppal.)

Figura 91. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Atalaya



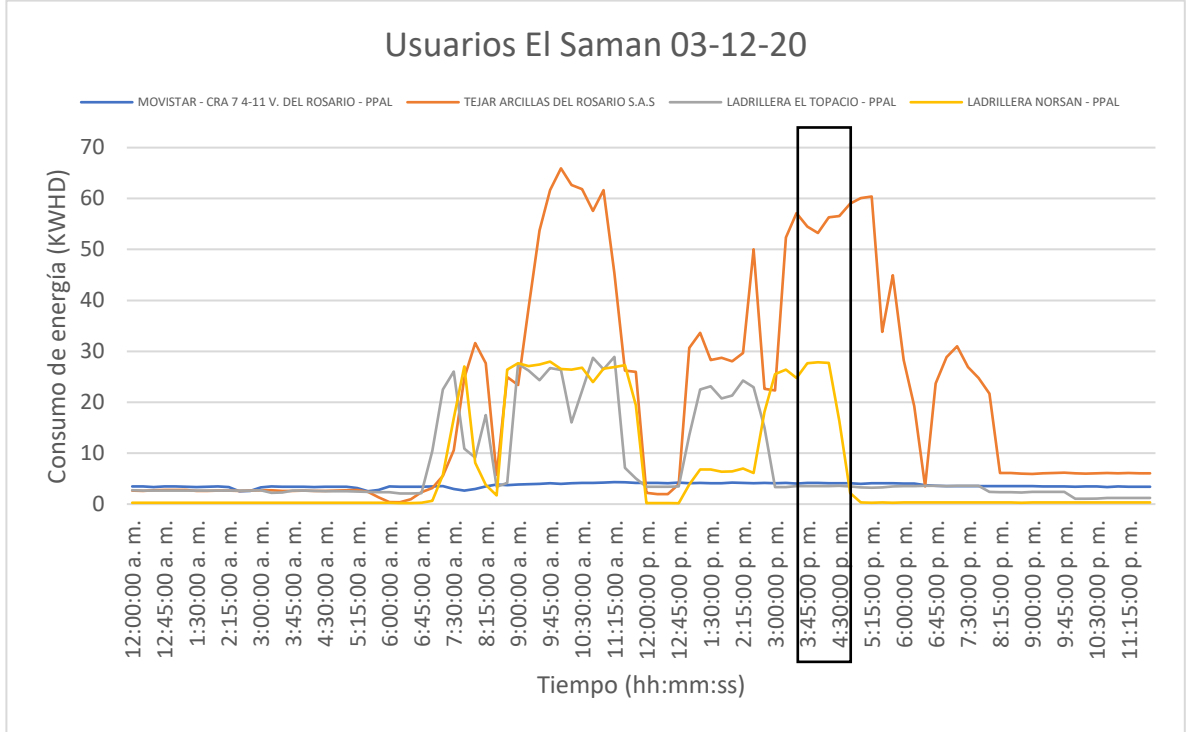
Fuente: Autor.

Figura 92. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Belén



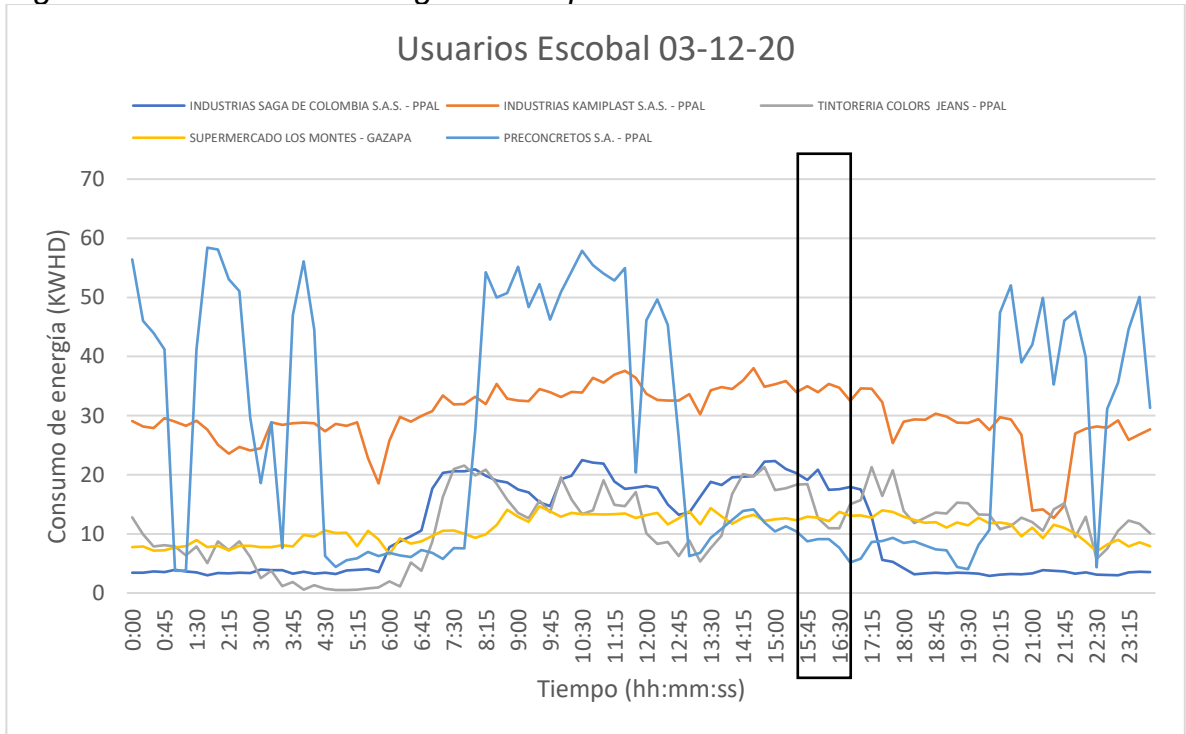
Fuente: Autor.

Figura 93. Consumo de energía KWhD para los usuarios de El Samán



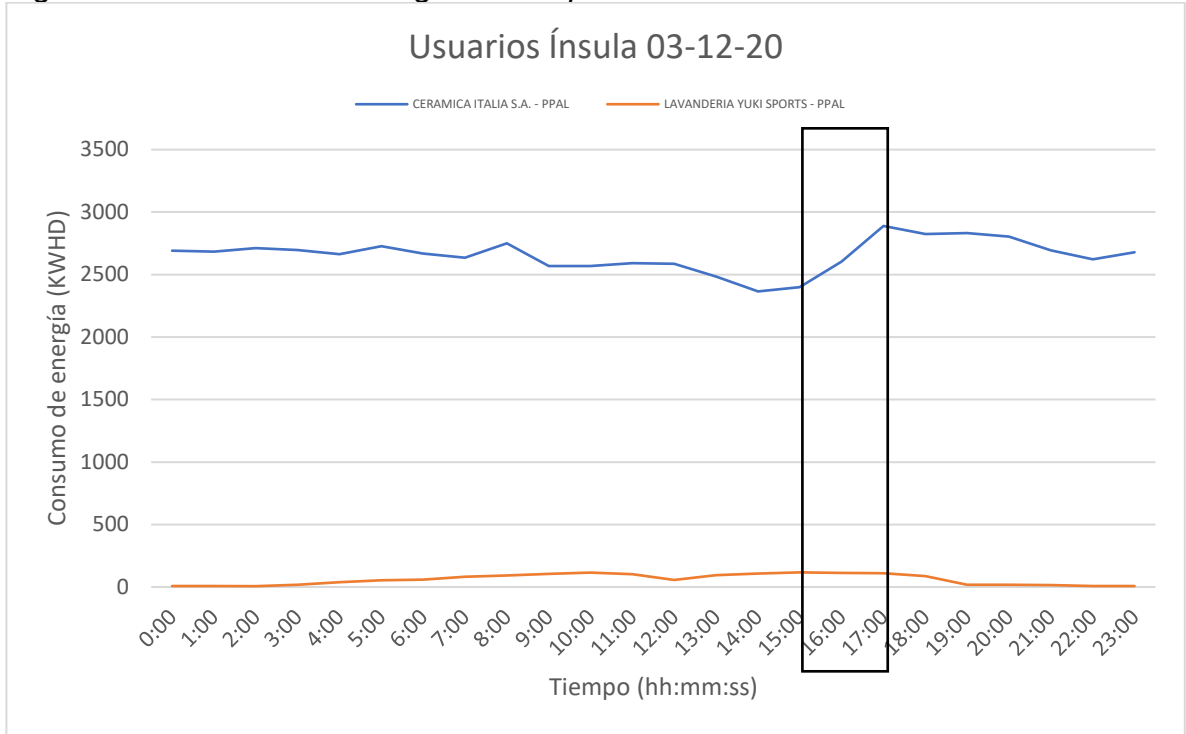
Fuente: Autor.

Figura 94. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Escobal



Fuente: Autor.

Figura 95. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Ínsula



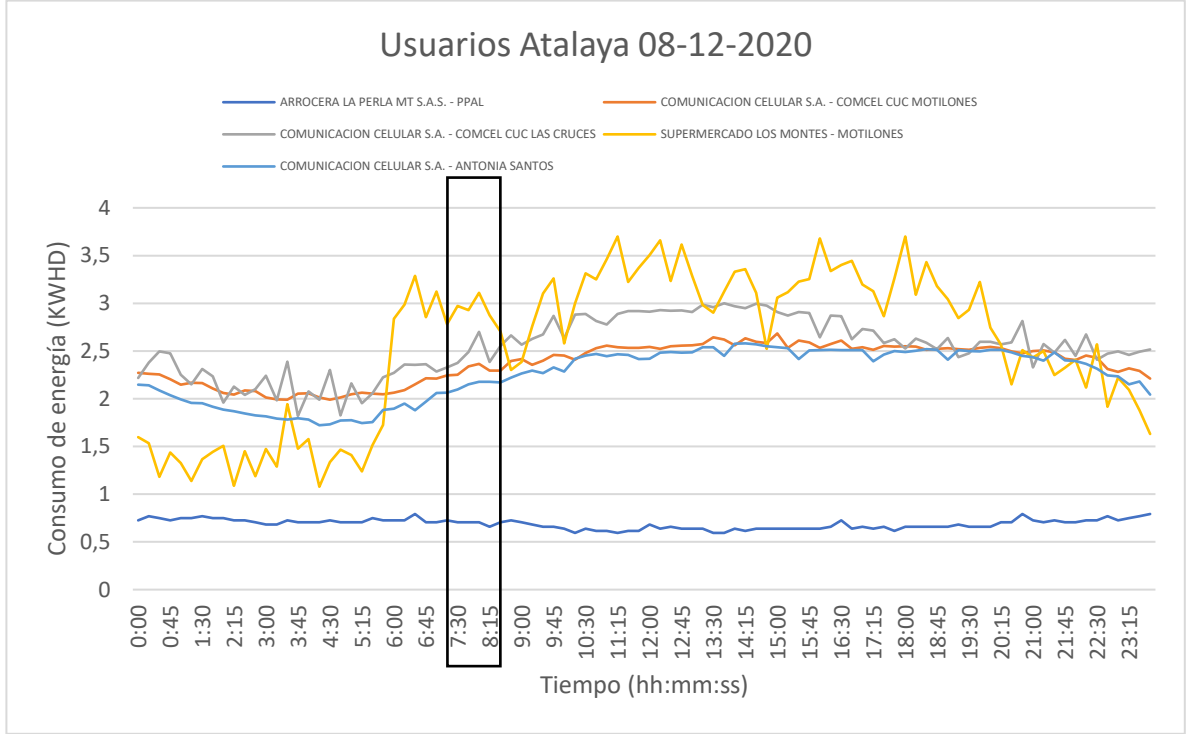
Fuente: Autor.

Swell

En las siguientes figuras 96, 97, 98 y 99 se gráfica la demanda de consumos por cada usuario representada mediante el consumo de potencia activa (KWhD), se grafica el día 08/12/2020 cuando ocurre el Swell, las horas que se graficaron por día van desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m., incluyendo la hora en que se presentó el evento (08:04:22 a.m.) Los rectángulos de las figuras encierran las mediciones desde las 07:30 a.m. hasta 08:15 a.m. en lapsos de 15 minutos.

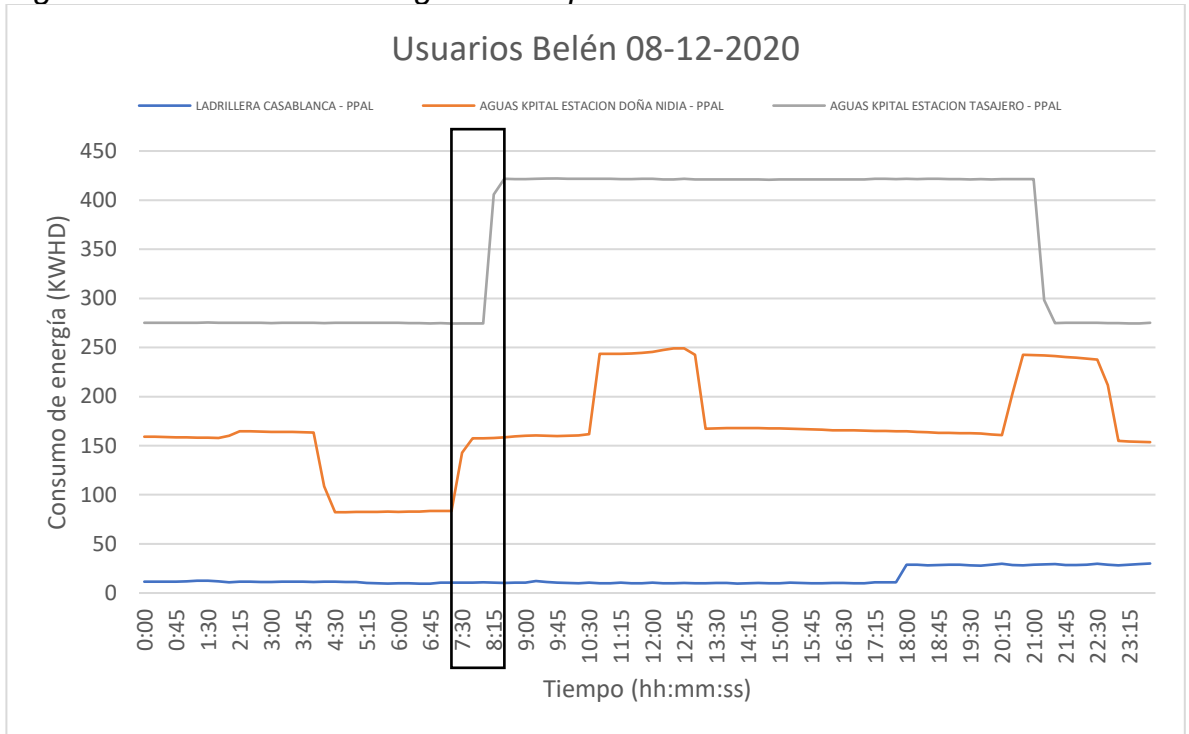
El Swell analizado se presentó el 08/12/2020 a las 08:04:22 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 08/12/2020 a las 08:15:00 a.m. Hay un usuario en la subestación Belén (Aguas Kpital Estación Tasajero – ppal.) donde se observa que hay un cambio brusco registrado a las (08:15:00 a.m.) en la gráfica de color gris, es decir, el Swell afecto el proceso de los usuarios de las subestaciones eléctricas enlazadas, por tanto, la forma de onda del voltaje figura 68 corrobora que el Swell no fue causado por una maniobra de usuarios, es decir, no aumentan todas las fases simétricamente, por tanto se descarta la hipótesis evento analizado, maniobra de usuarios y falla eléctrica en la subestación eléctrica Belén patio 34,5 KV.

Figura 96. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Atalaya



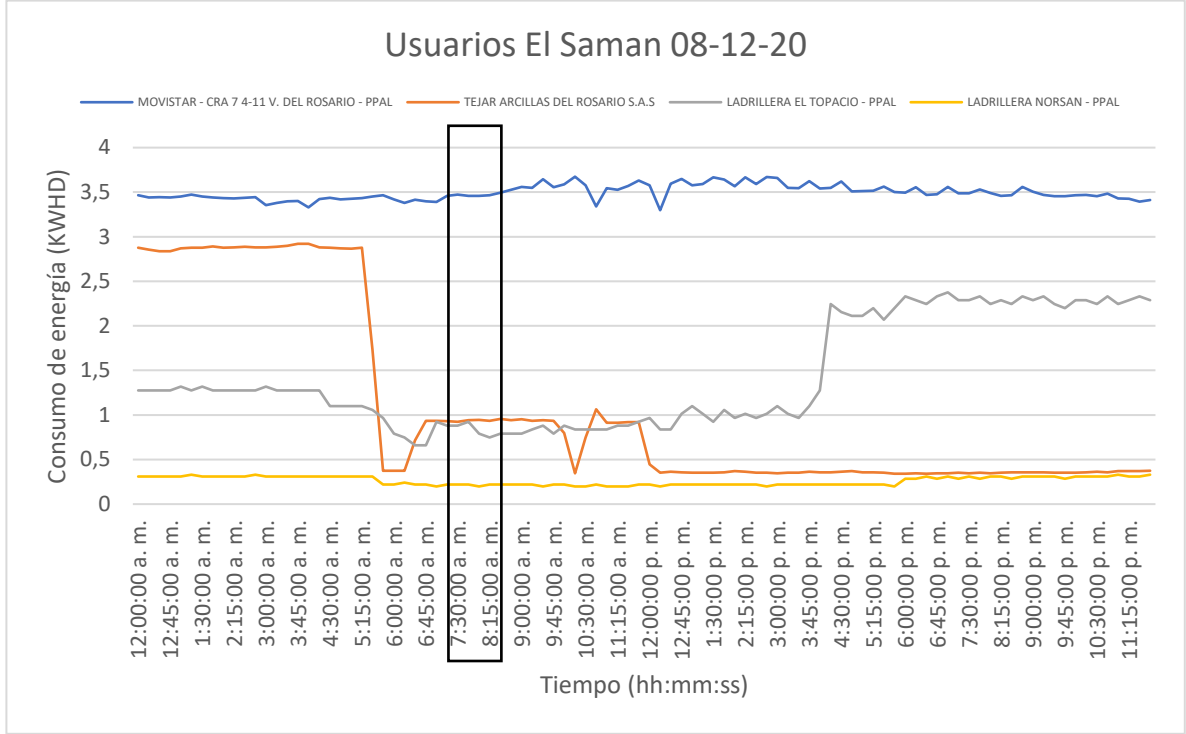
Fuente: Autor.

Figura 97. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Belén



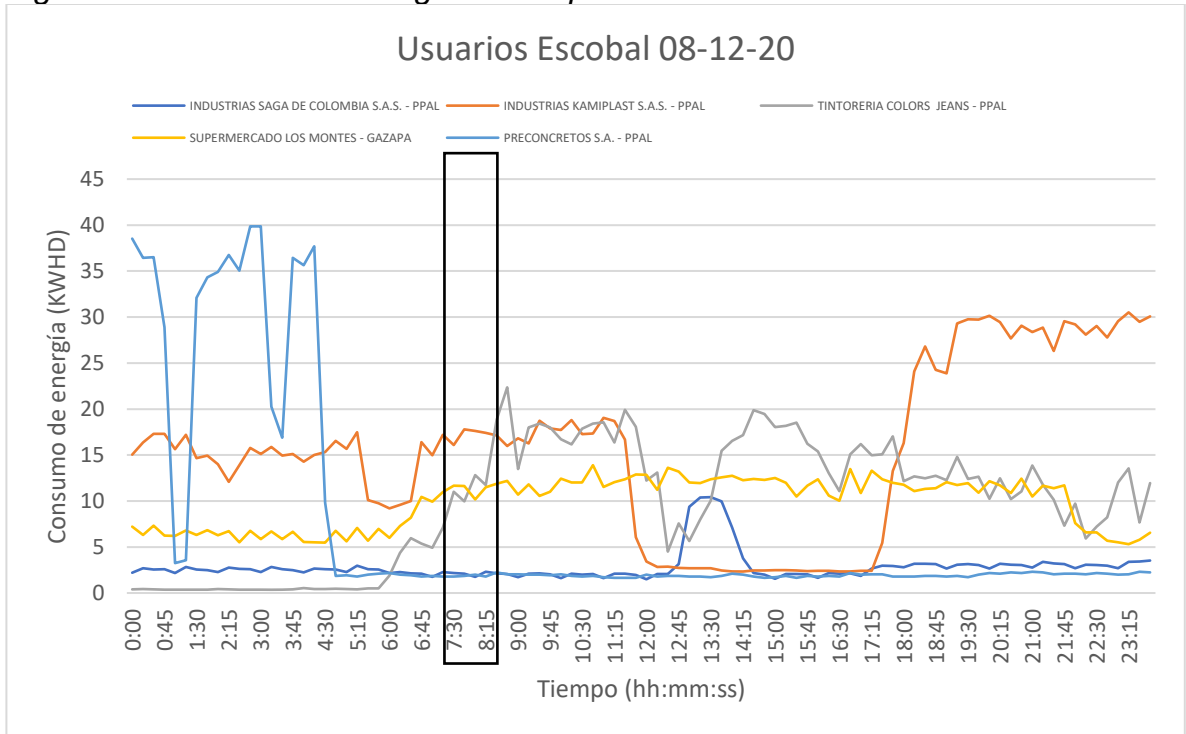
Fuente: Autor.

Figura 98. Consumo de energía KWhD para los usuarios de El Samán



Fuente: Autor.

Figura 99. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Escobal



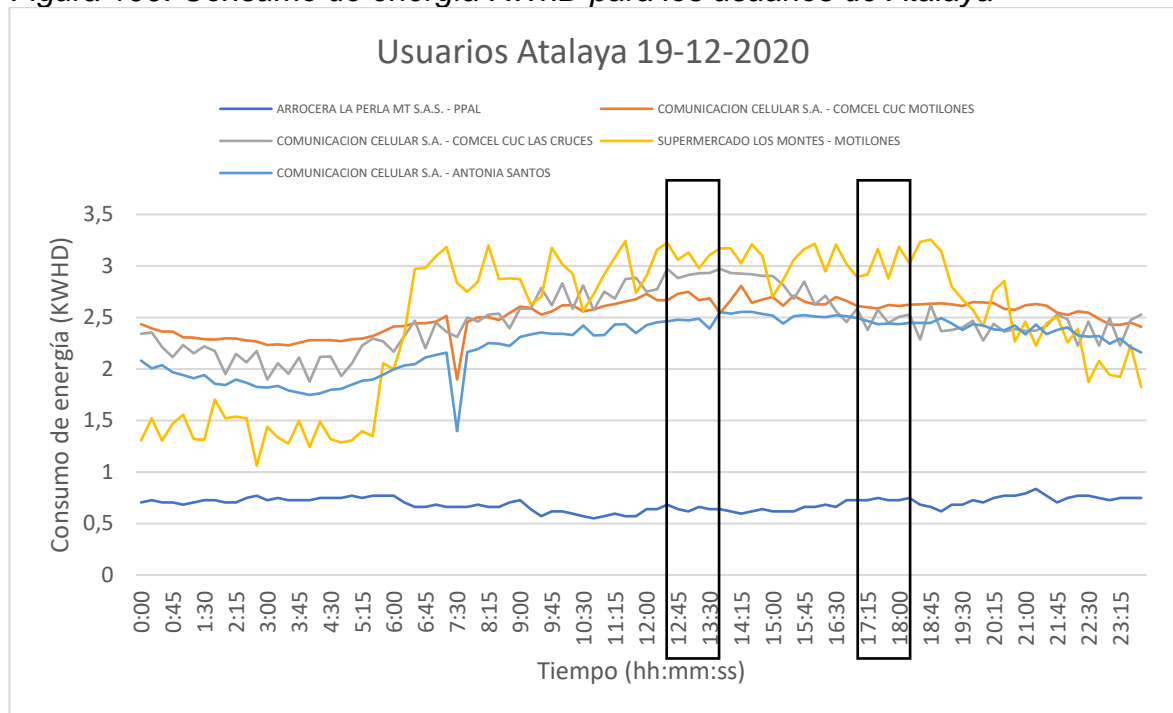
Fuente: Autor.

Interrupción & Transitorio

En las siguientes figuras 100, 101, 102 y 103 se gráfica la demanda de consumos por cada usuario representada mediante el consumo de potencia activa (KWHD), se grafica el día 19/12/2020 cuando ocurre el Transitorio y la Interrupción, las horas que se graficaron por día van desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m., incluyendo la hora en que se presentó el evento (12:48:44 p.m. y 05:54:36 p.m.) Los rectángulos de las figuras encierran las mediciones desde las (12:45:00 – 01:30:00 p.m.) y (05:15:00 – 06:00:00 p.m.) en lapsos de 15 minutos.

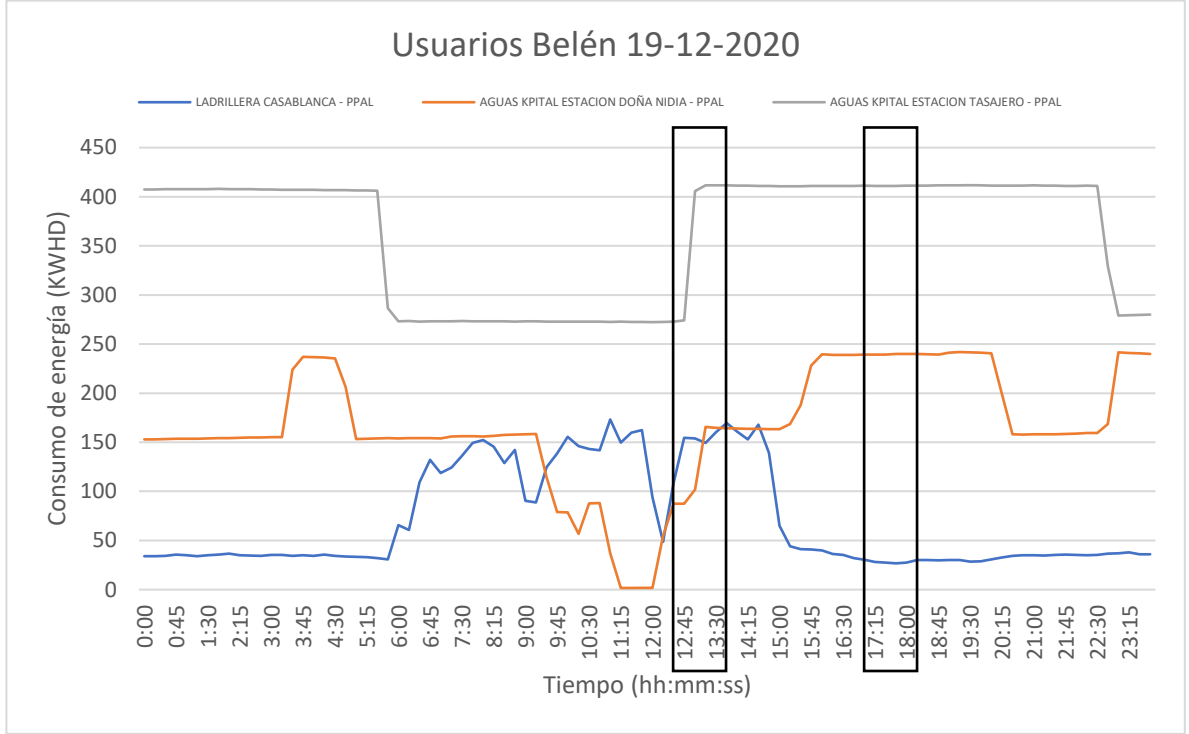
El Transitorio analizado se presentó el 19/12/2020 a las 12:48:44 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 19/12/2020 a las 01:00:00 p.m. La Interrupción analizada se presentó el 19/12/2020 a las 05:54:36 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 19/12/2020 a las 06:00:00 p.m. En los usuarios de las subestaciones Atalaya, Belén, El Samán y Escobal (figuras 100, 101, 102 y 103) no se observa ningún cambio brusco en ninguna de las gráficas el día del evento a la hora del evento, es decir, el Transitorio y la Interrupción no afecto el proceso de los usuarios de las subestaciones eléctricas enlazadas, por tanto, se descartan las hipótesis de evento analizado, maniobra de usuarios y falla eléctrica por parte de los usuarios mencionados anteriormente.

Figura 100. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Atalaya



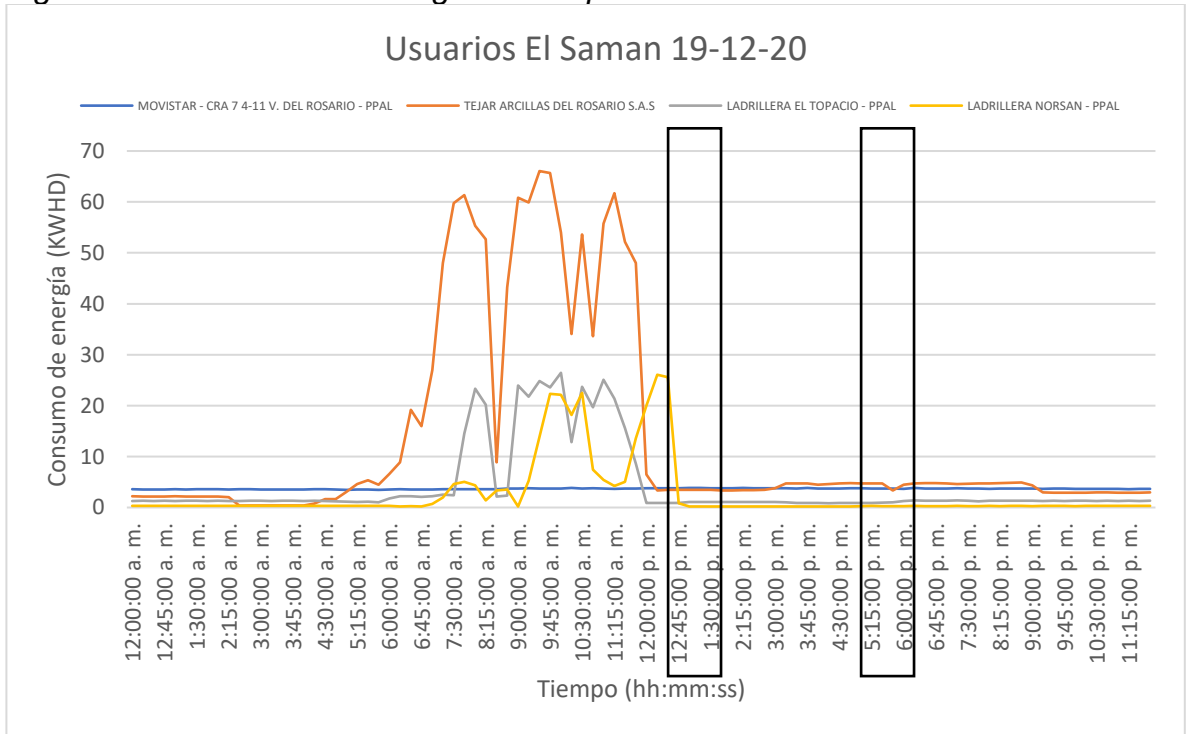
Fuente: Autor.

Figura 101. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Belén



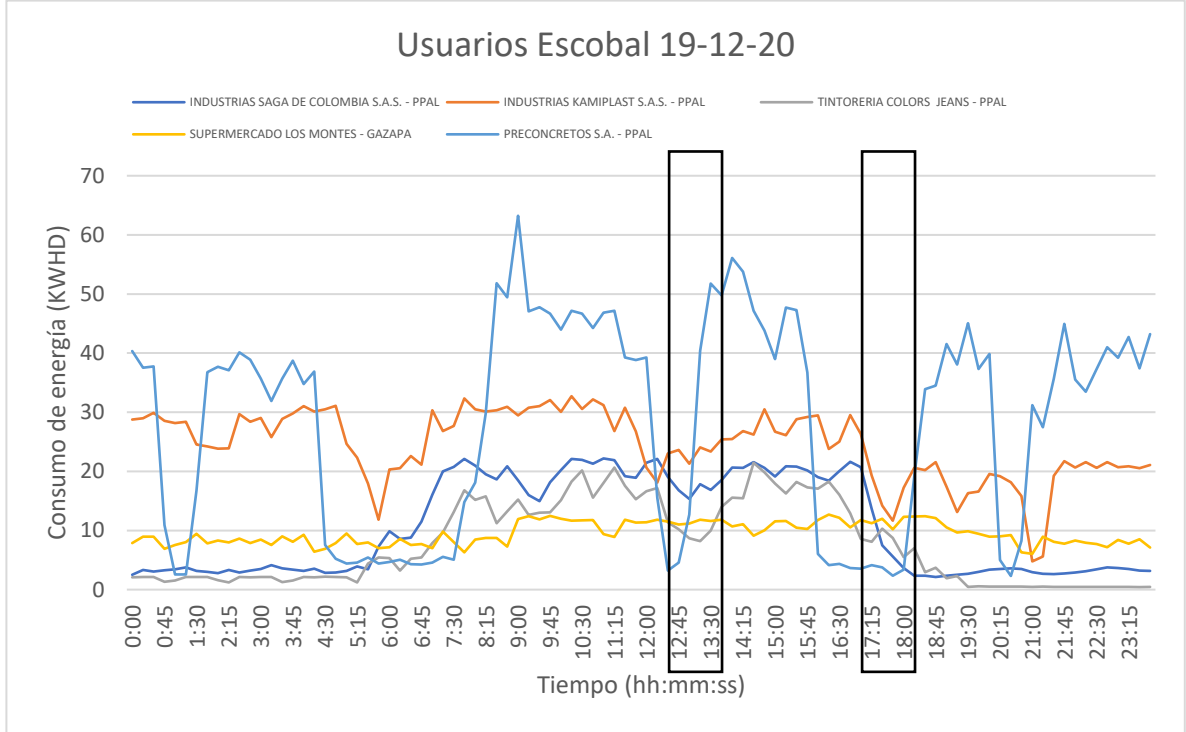
Fuente: Autor.

Figura 102. Consumo de energía KWhD para los usuarios de El Samán



Fuente: Autor.

Figura 103. Consumo de energía KWhD para los usuarios de Escobal



Fuente: Autor.

6.4.4 Usuarios S/E analizada

Para el desarrollo de este modo de fallo se plantean dos hipótesis, la primera es verificar maniobras realizadas por los usuarios y la segunda es verificar en el informe operativo y con los registros de teledemanda por cada usuario si hubo una falla eléctrica. Se seleccionó un top de los usuarios que presentan mayor demanda de consumo por cada celda del patio de 34,5 kV de la subestación San Mateo, los cuales fueron:

- ✚ **Celda SANOL15** (Industrias Marplast S.A.S., Almacén Éxito CC. El Vivero, Carrefour Libertadores, Carrefour Ventura Plaza, Clínica Medical Duarte, Clínica San José, Fabrica De Bolsas Del Caribe, Hospital Erasmo Meoz, Movistar - Av. 0 10-45 Centro, Pasteurizadora La Mejor, Plásticos Dubái, Unicentro Áreas Comunes, Vasos Y Bolsas Del Caribe S.A.S)
- ✚ **Celda SANOL25** (Cementos Diamante S.A.)
- ✚ **Celda SANOL35** (Postobón - Gaseosas La Frontera S.A., Transmateriales S.A.)

Celda SANOL45 (Subestación eléctrica El Samán)

Cabe resaltar que existen usuarios con registros de telemedida con tiempo de medición (1 hora). Estos usuarios no se van a considerar de aquí en adelante, debido al porcentaje de error que se presentaría al analizar datos registrados cada hora. Estos usuarios son: Celda SANOL15 (Arrocera Gelvez, Home Center Sodimac, I.P.S. Unipamplona, Plásticos Formosa Ltda.), Celda SANOL35 (Postobón - Gaseosas La Frontera S.A., Transmateriales S.A.) y los usuarios de la subestación El Samán (Celda SANOL45) ya que se analizaron en la sección 6.4.3.

A continuación, se presenta el desarrollo del análisis de las hipótesis por cada tipo de evento seleccionado.

6.4.4.1 Falla eléctrica & Maniobra usuarios

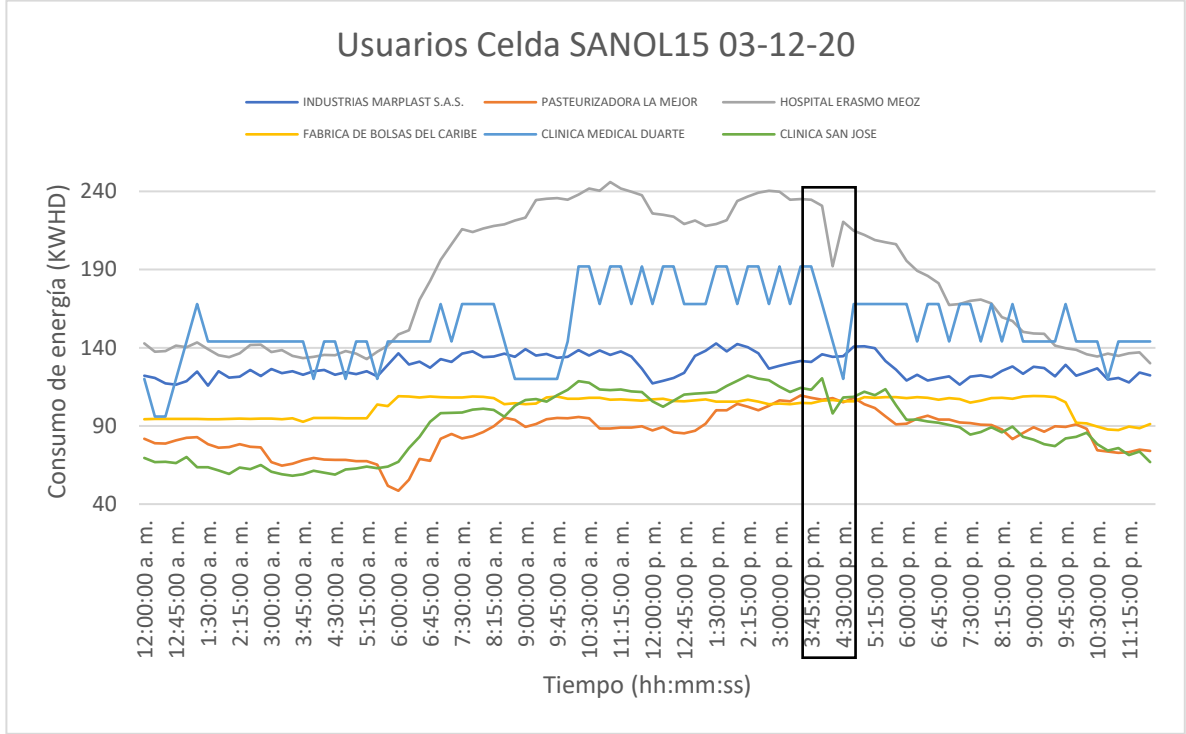
Para realizar el análisis de esta hipótesis se solicitó las medidas de Telemedida de los usuarios de la subestación de San Mateo, este reporte almacena el consumo de energía (KWHD), (KVARHD), entre otras medidas. El objetivo de esta hipótesis es verificar y comparar el consumo de energía con los eventos analizados en la tabla 14, con esto se busca la idea de encontrar si algún usuario fue el que produjo el evento indeseado.

Sag

En las siguientes figuras 104, 105 y 106 se gráfica la demanda de consumos por cada usuario representada mediante el consumo de potencia activa (KWHD), se grafica el día 03/12/2020 cuando ocurre el Sag, las horas que se graficaron por día van desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m., incluyendo la hora en que se presentó el evento (04:19:21 p.m.) Los rectángulos de las figuras encierran las mediciones desde las 03:45 p.m. hasta 04:30 p.m. en lapsos de 15 minutos.

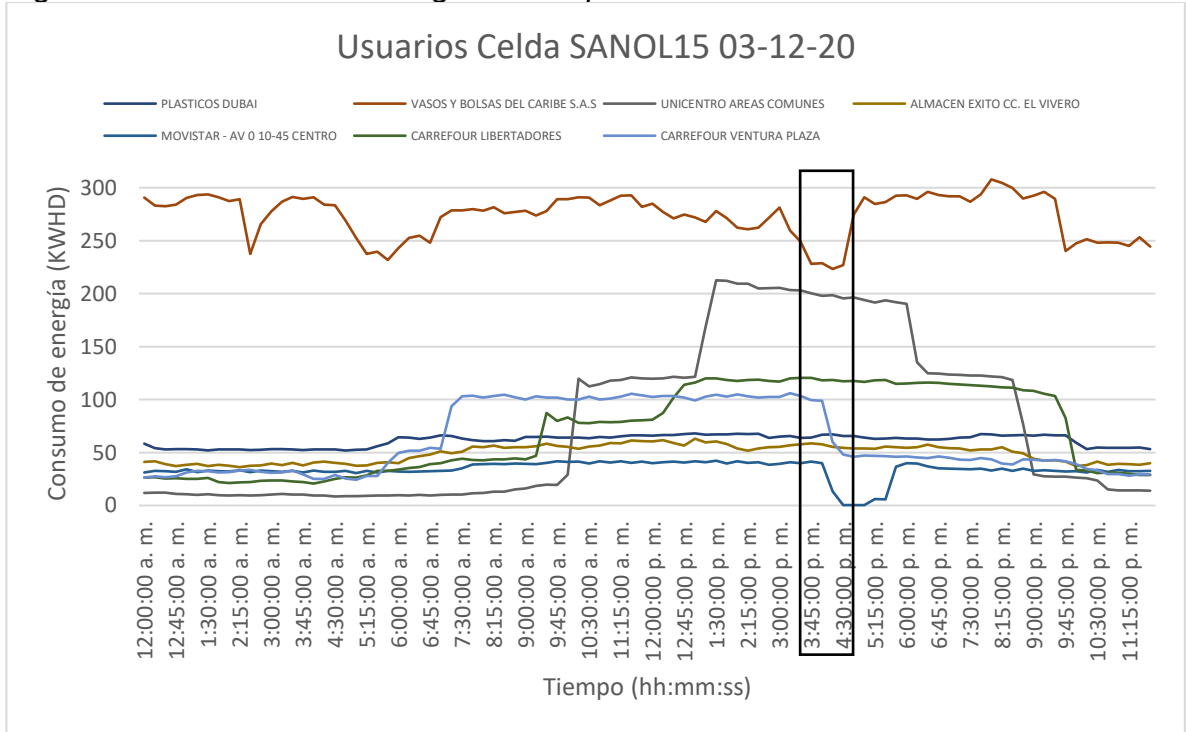
El Sag analizado se presentó el 03/12/2020 a las 04:19:21 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 03/12/2020 a las 04:30:00 p.m. (teniendo en cuenta el tiempo de medición de 15 minutos). Hay dos usuarios en la celda SANOL15 (Clínica Medical Duarte) y en la celda SANOL25 (Cementos Diamante S.A) donde se observan cambios bruscos a las (04:30:00 p.m.), es decir, el Sag afecto el proceso de los usuarios de la subestación San Mateo, por tanto, la forma de onda del voltaje figura 66 corrobora que el Sag no fue causado por una maniobra de usuarios, es decir, no decaen todas las fases simétricamente, por tanto se descarta la hipótesis maniobra de usuarios, pero se considera la falla eléctrica como una causa raíz física probable según el análisis realizado en la sección 6.4.2.3.

Figura 104. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15



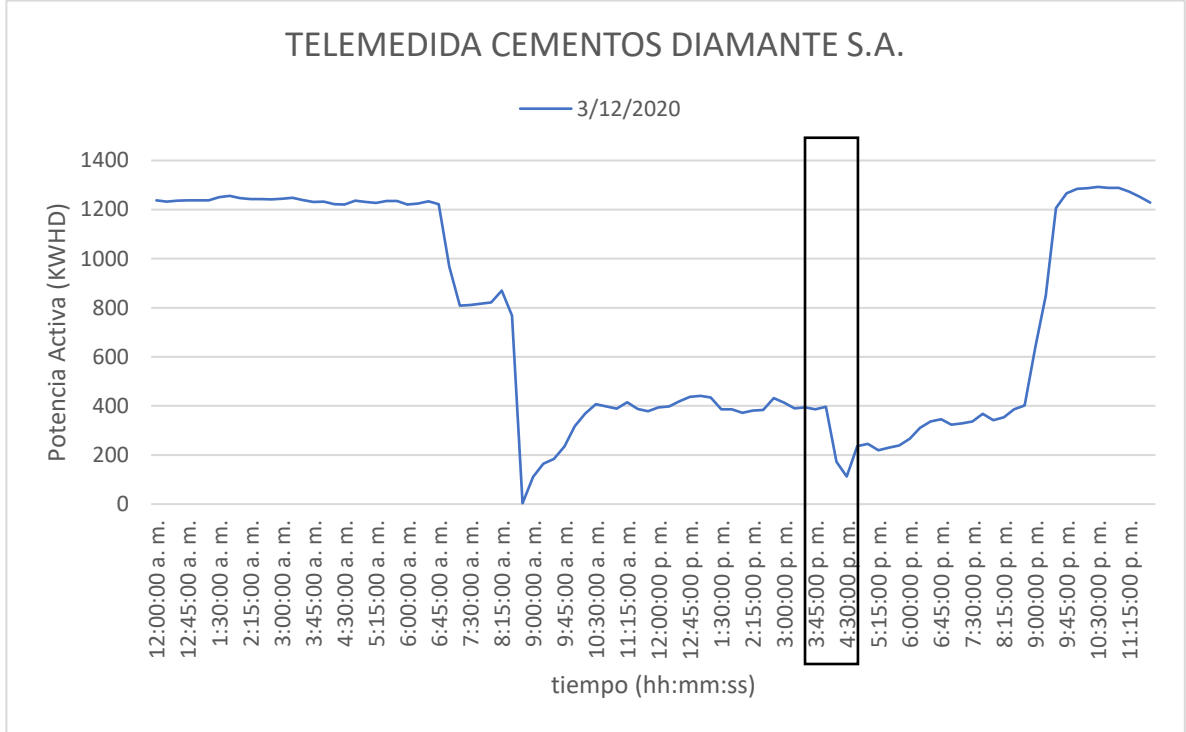
Fuente: Autor.

Figura 105. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15



Fuente: Autor.

Figura 106. Consumo de energía KWhD para el usuario de la celda SANOL25



Fuente: Autor.

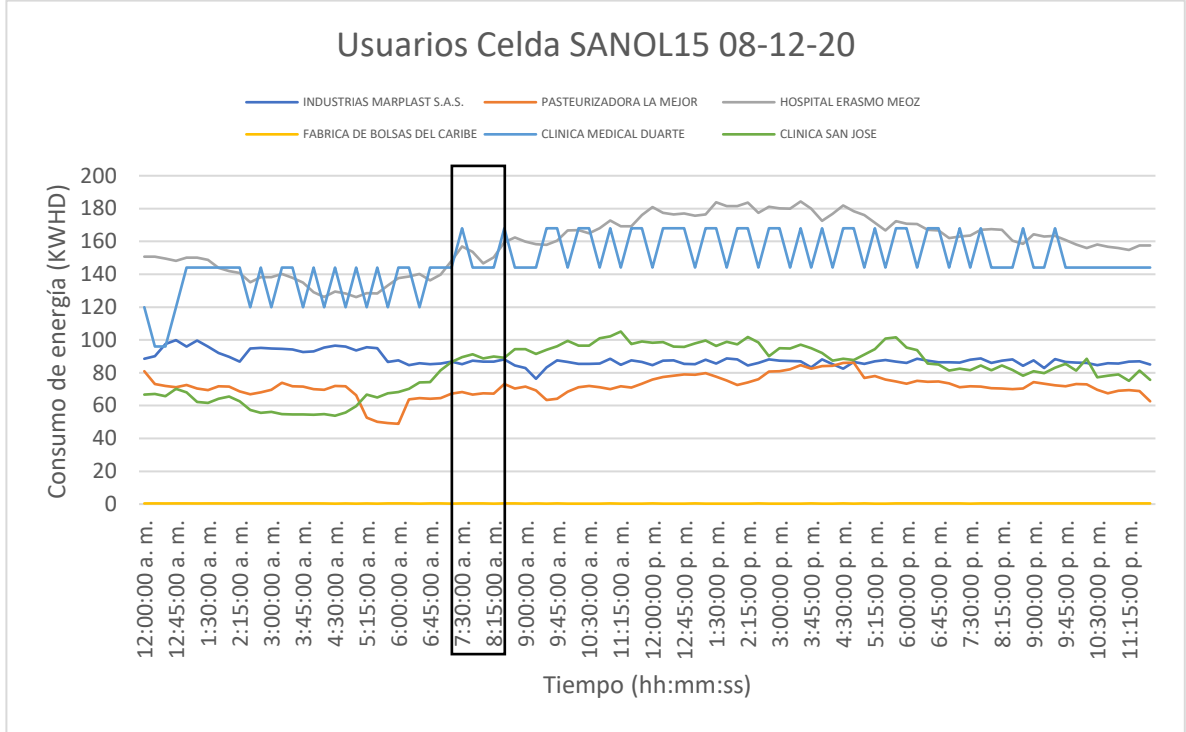


En las siguientes figuras 107, 108 y 109 se grafica la demanda de consumos por cada usuario representada mediante el consumo de potencia activa (KWhD), se grafica el día 08/12/2020 cuando ocurre el Swell, las horas que se graficaron por día van desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m., incluyendo la hora en que se presentó el evento (08:04:22 a.m.) Los rectángulos de las figuras encierran las mediciones desde las 07:30 a.m. hasta 08:15 a.m. en lapsos de 15 minutos.

El Swell analizado se presentó el 08/12/2020 a las 08:04:22 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 08/12/2020 a las 08:15:00 a.m. En los usuarios de las celdas SANOL15 y SANOL25 (figuras 107, 108 y 109) no se observa ningún cambio brusco (08:15:00 a.m.) en ninguna de las gráficas el día del evento a la hora del evento, es decir, el Swell no afecto el proceso de los usuarios de las subestación San Mateo, por tanto, se descarta la hipótesis maniobra de usuarios y falla eléctrica por parte de los usuarios mencionados.

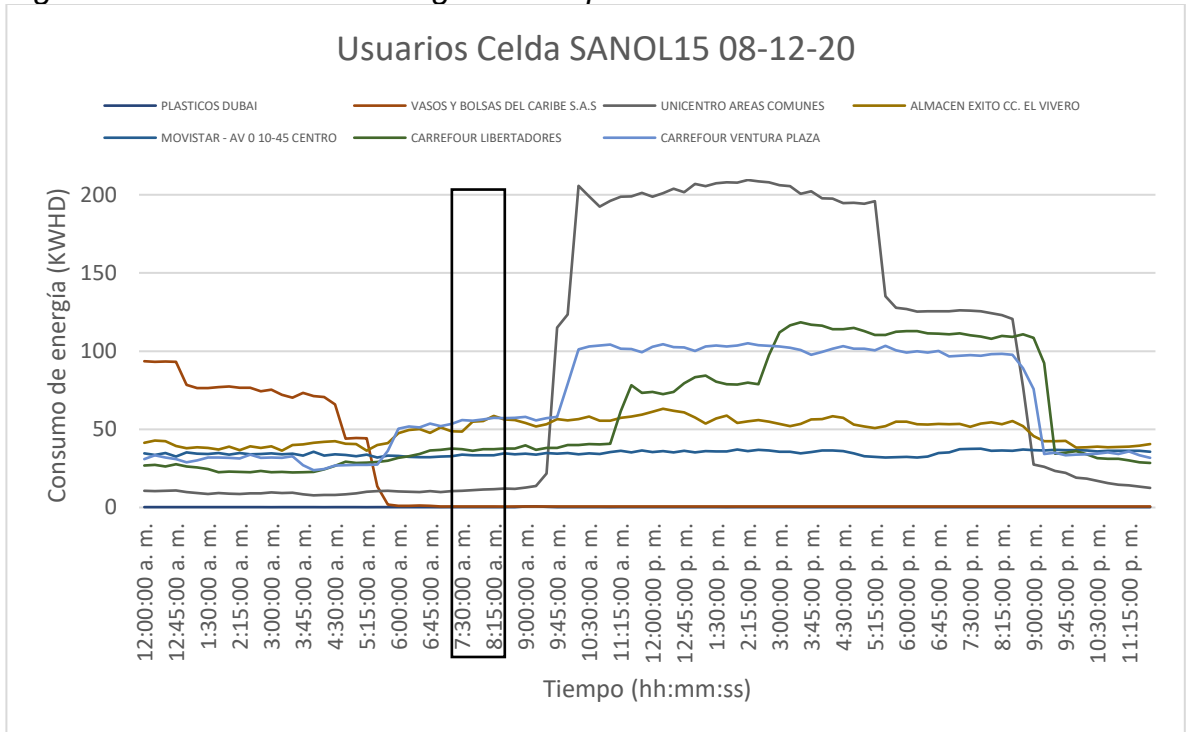
Para verificar la hipótesis de falla eléctrica en el Swell es necesario obtener mediciones con tendencias de tiempos cortos en valores medios y altos, por ende, se categoriza como un factor contribuyente probable.

Figura 107. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15



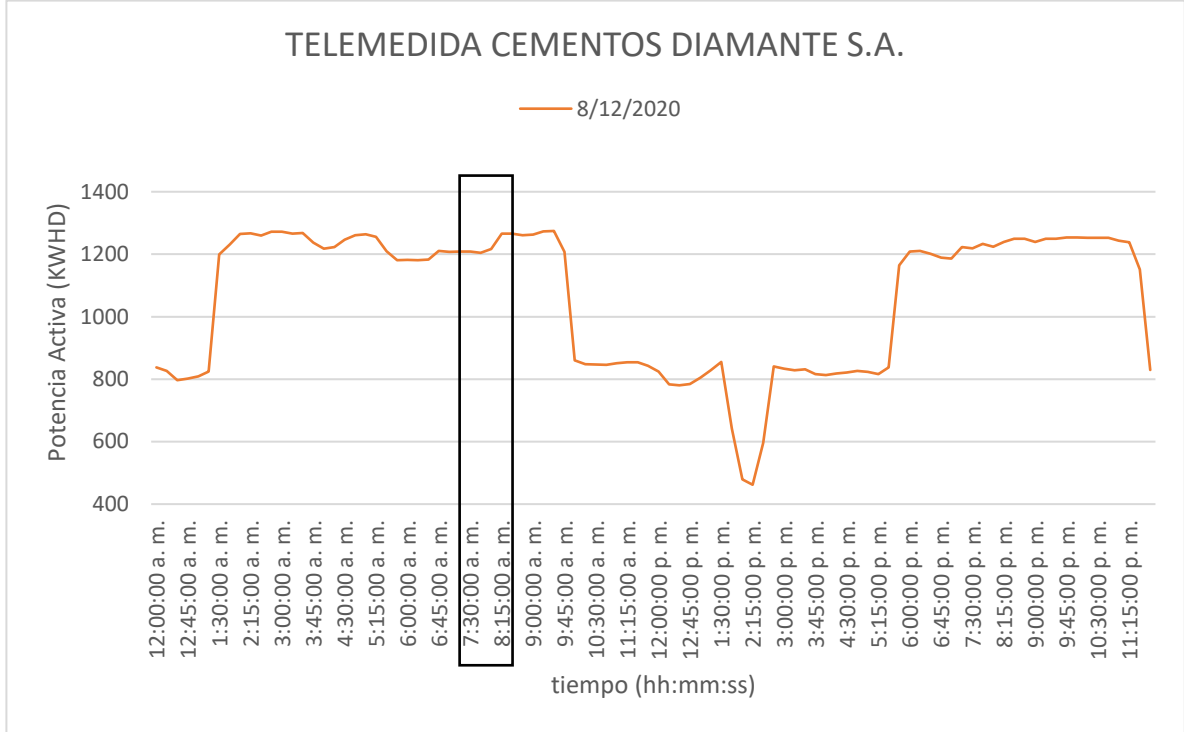
Fuente: Autor.

Figura 108. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15



Fuente: Autor.

Figura 109. Consumo de energía KWhD para el usuario de la celda SANOL25



Fuente: Autor.

Interrupción & Transitorio

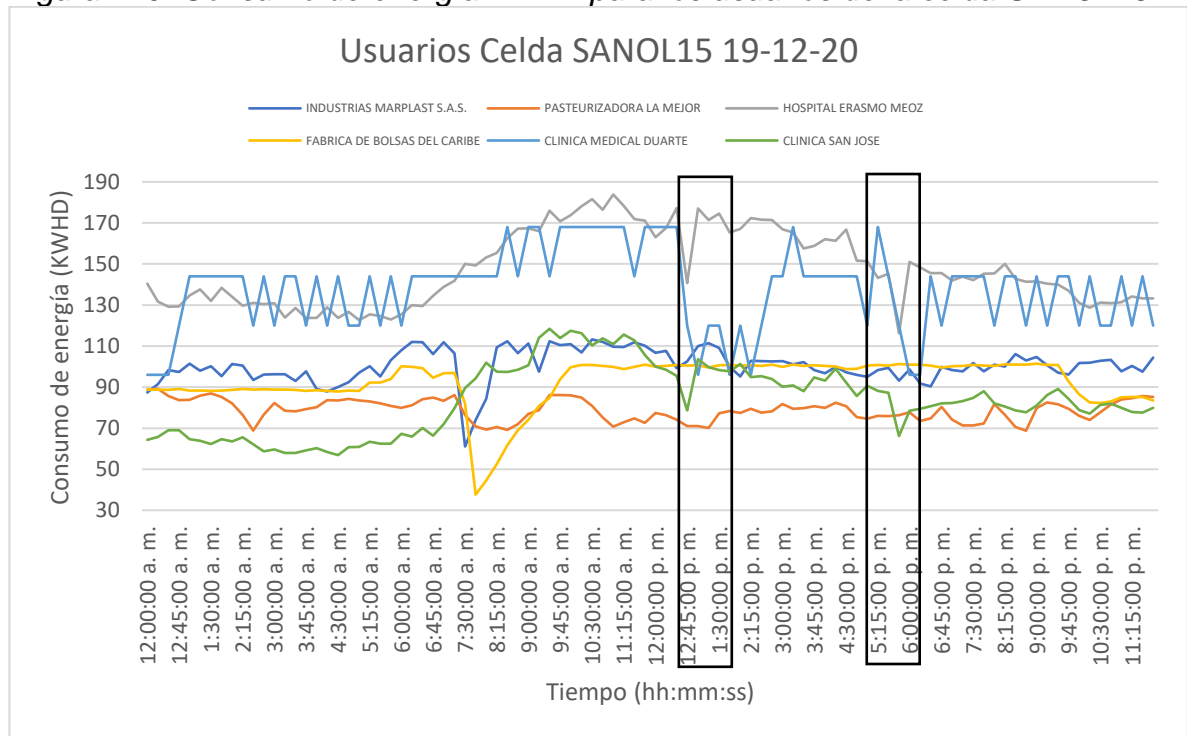
En las siguientes figuras 110, 111 y 112 se gráfica la demanda de consumos por cada usuario representada mediante el consumo de potencia activa (KWhD), se grafica el día 19/12/2020 cuando ocurre el Transitorio y la Interrupción, las horas que se graficaron por día van desde las 12:00 a.m. hasta las 11:45 p.m., incluyendo la hora en que se presentó el evento (12:48:44 p.m. y 05:54:36 p.m.) Los rectángulos de las figuras encierran las mediciones desde las (12:45:00 – 01:30:00 p.m.) y (05:15:00 – 06:00:00 p.m.) en lapsos de 15 minutos.

El Transitorio analizado se presentó el 19/12/2020 a las 12:48:44 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 19/12/2020 a las 01:00:00 p.m. La Interrupción analizada se presentó el 19/12/2020 a las 05:54:36 minutos, esto quiere decir que si se presentó algún cambio brusco en el consumo de los usuarios debió haberse registrado ese cambio en la fecha 19/12/2020 a las 06:00:00 p.m.

En los usuarios de la celda SANOL15 (figuras 110 y 111) no se observa ningún cambio brusco en ninguna de las gráficas el día del evento a la hora del evento, es decir, el Transitorio y la Interrupción no afecto el proceso de los usuarios de las subestaciones San Mateo, pero el usuario de la Celda SANOL25 presento un cambio brusco en la gráfica el día de los eventos a la hora de los dos eventos, es decir la hipótesis maniobra de usuarios se considera como un causa raíz física probable para los dos eventos. Así mismo se puede validar el análisis realizado en la sección 6.4.2.3.

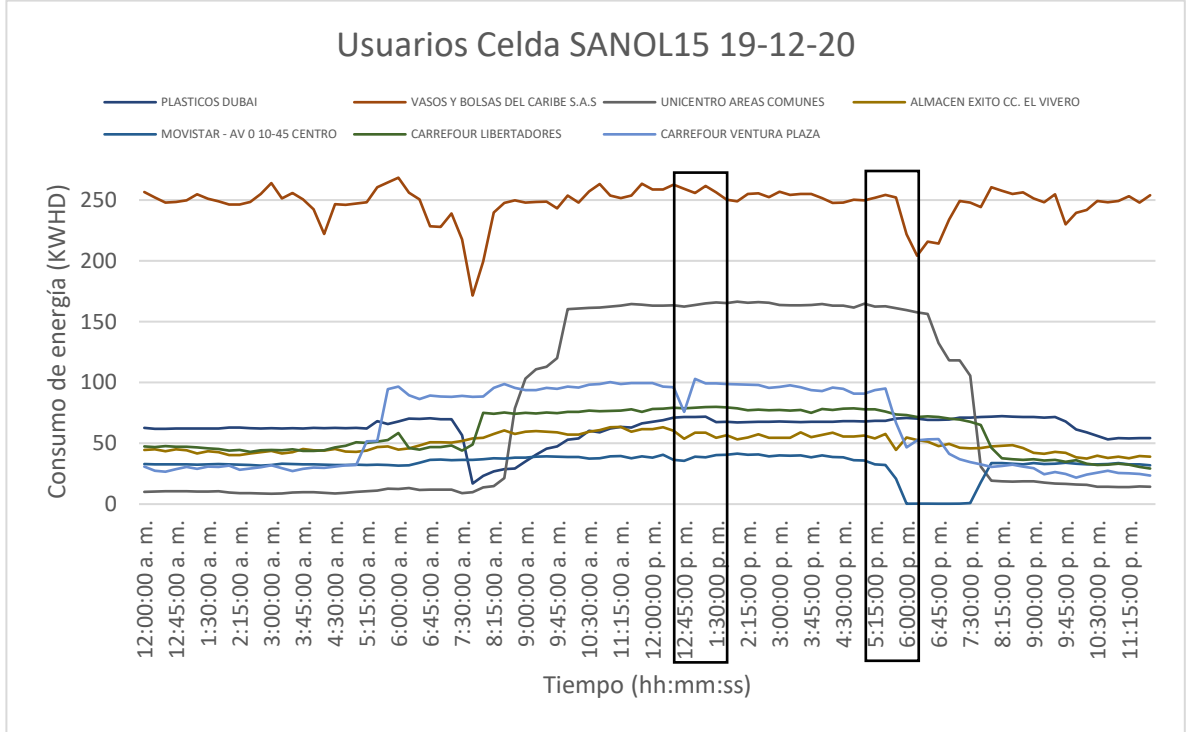
Para verificar la hipótesis de falla eléctrica en el Transitorio y la Interrupción es necesario obtener mediciones con tendencias de tiempos cortos en valores medios y altos, por ende, se descarta esta hipótesis.

Figura 110. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15



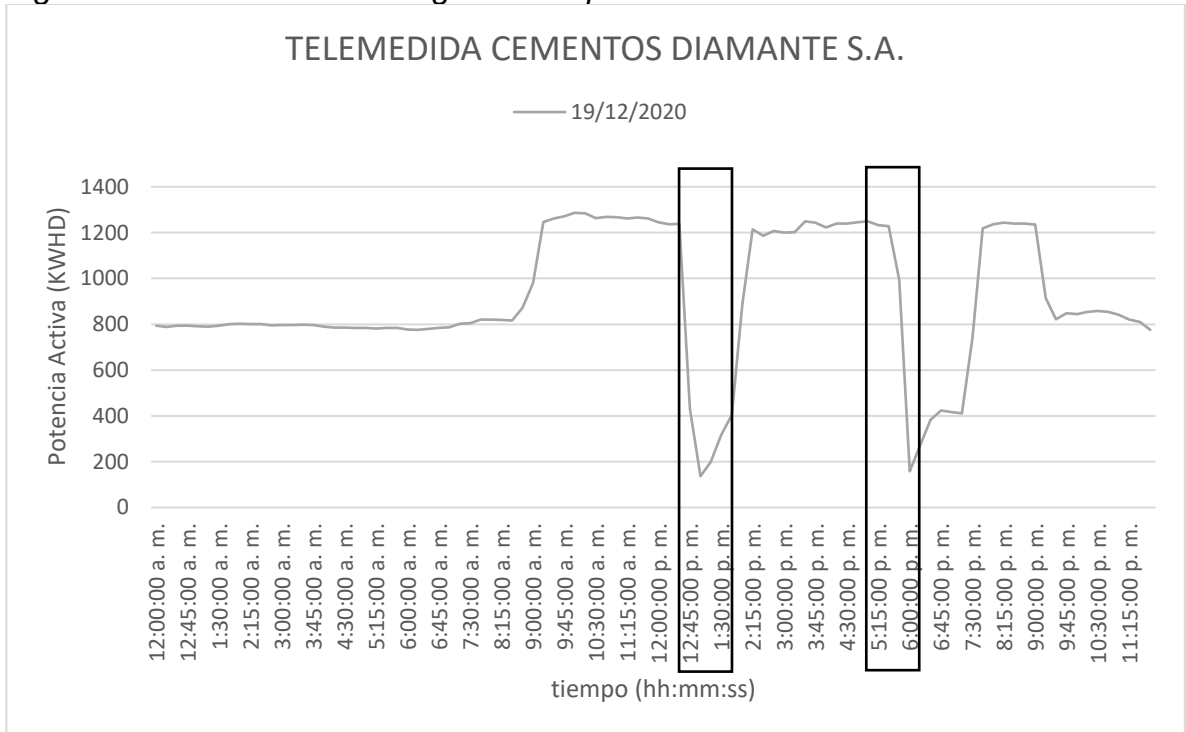
Fuente: Autor.

Figura 111. Consumo de energía KWhD para los usuarios de la celda SANOL15



Fuente: Autor.

Figura 112. Consumo de energía KWhD para el usuario de la celda SANOL25



Fuente: Autor

6.5 ÁRBOL DE FALLA Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA CAUSA RAÍZ

En la figura 113 se observa el árbol de falla con la aplicación de la metodología causa raíz del Sag, donde se categorizó el falla eléctrica como una causa raíz física probable y accionamiento de una protección en distribución como un factor contribuyente probable.

En la figura 114 se observa el árbol de falla con la aplicación de la metodología causa raíz del Swell, donde se categorizó la maniobra en una subestación eléctrica como un posible factor contribuyente. Para este evento no se encontró una forma para poder validar una causa raíz física probable, por tanto, este evento no pudo ser validado mediante la metodología causa raíz

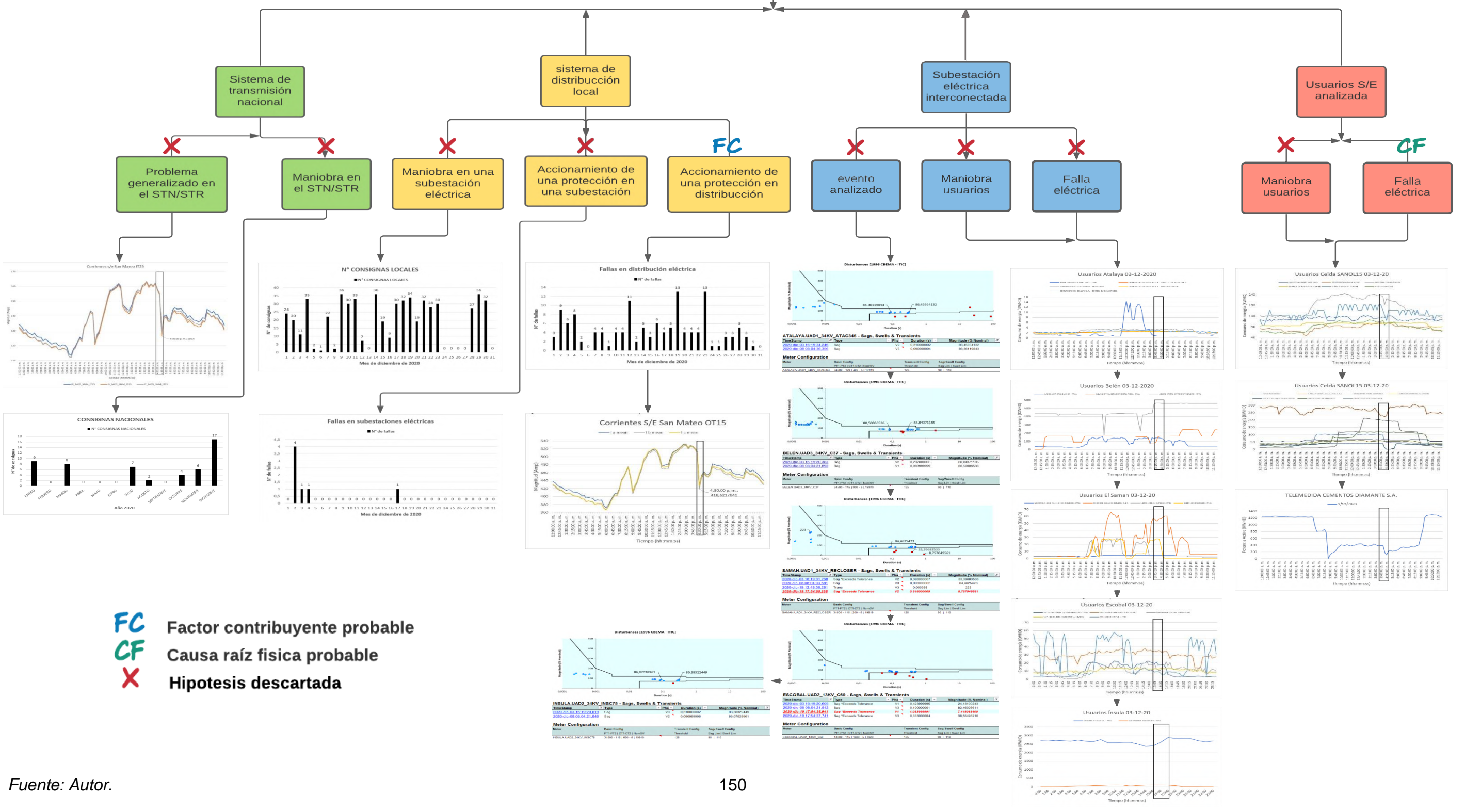
En la figura 115 se observa el árbol de falla con la aplicación de la metodología causa raíz de la Interrupción, donde se categorizó la maniobra de un usuario como una causa raíz física probable y accionamiento de una protección en distribución como un factor contribuyente probable.

En la figura 116 se observa el árbol de falla con la aplicación de la metodología causa raíz del Transitorio, donde se categorizó la maniobra de un usuario como una causa raíz física probable y accionamiento de una protección en distribución como un factor contribuyente probable.

La justificación de estas causas raíz físicas probables se realizaron en la sección 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3 y 6.4.4. en estas se enuncio por qué se tomaban como posibles causas físicas probables, de igual manera se enuncio los archivos que se utilizaron para validar estas hipótesis.

Sag

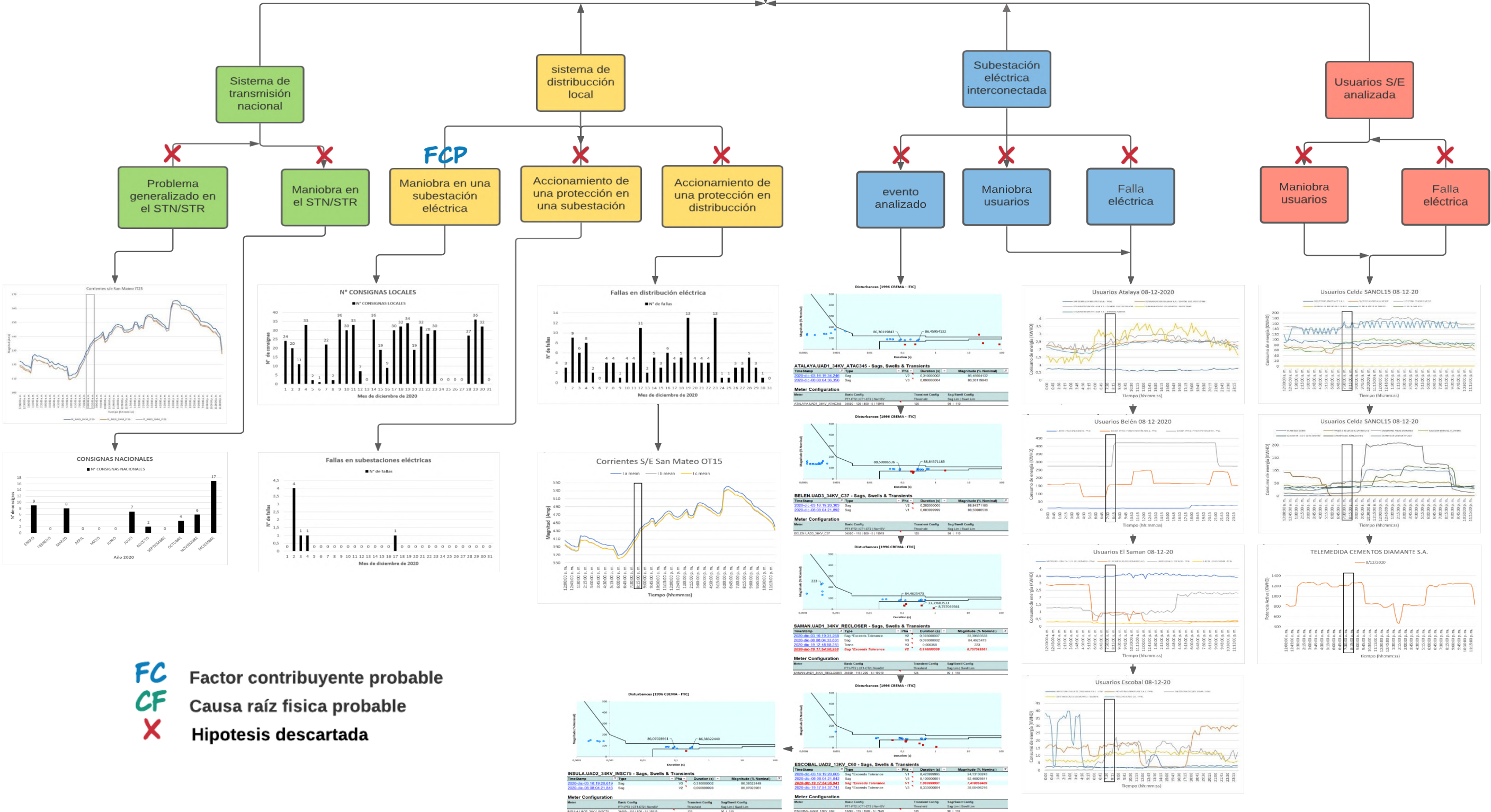
Figura 113. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz del Sag



Fuente: Autor.

Swell

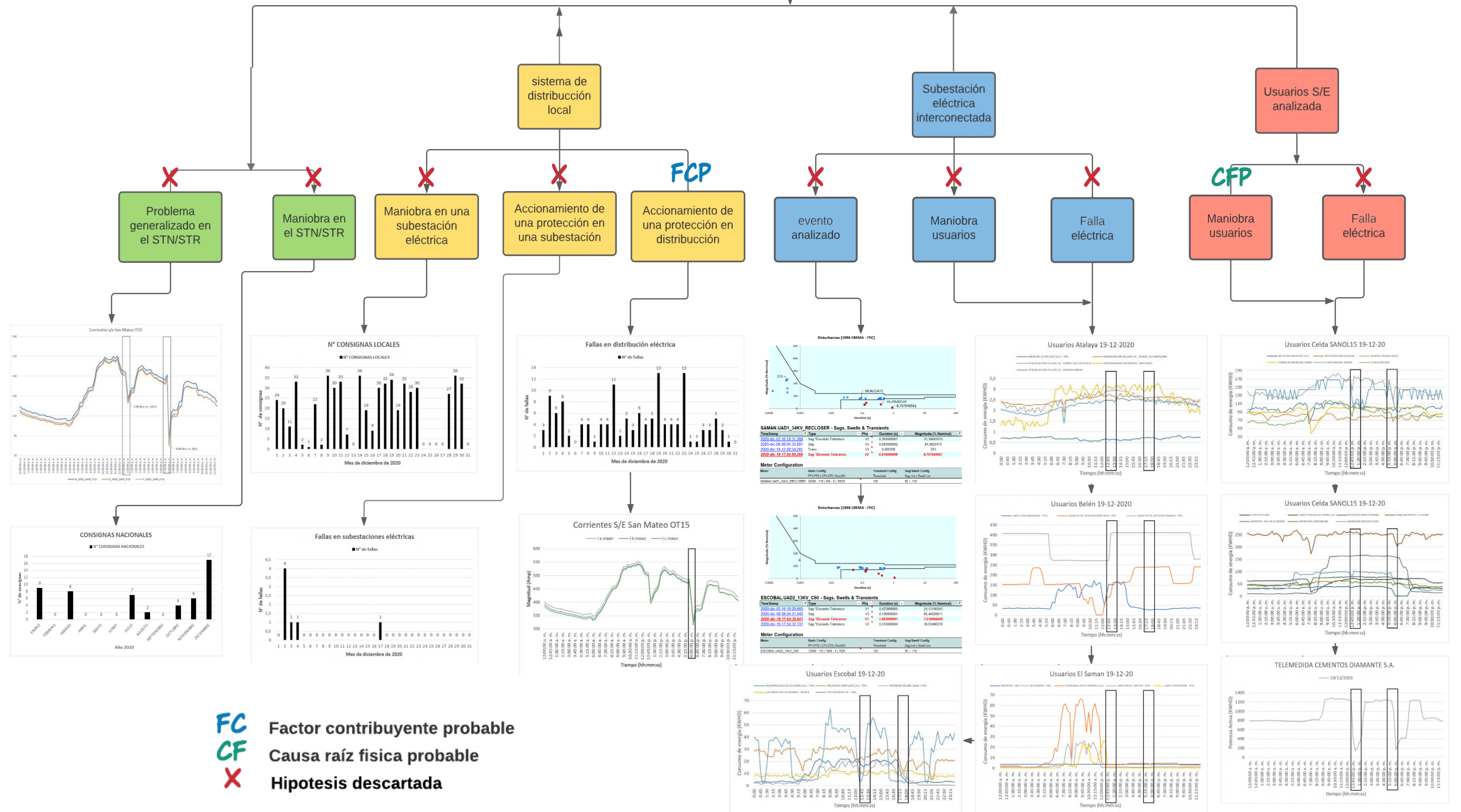
Figura 114. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz del Swell



Fuente: Autor.

Interrupción

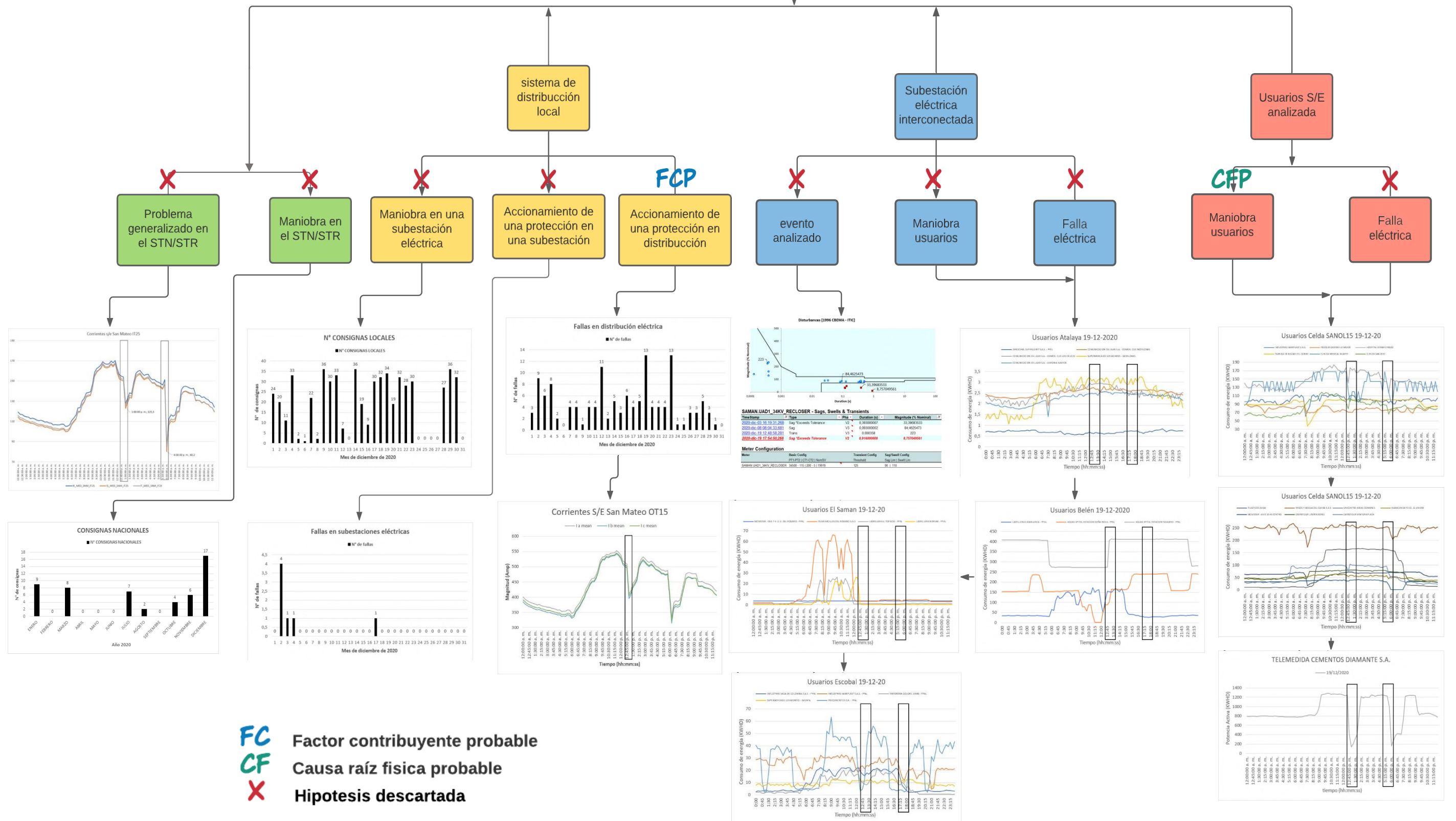
Figura 115. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz de la Interrupción



Fuente: Autor.

Transitorio

Figura 116. Árbol de falla aplicando la metodología causa raíz del Transitorio



Fuente: Autor.

7. CONCLUSIONES

En la investigación realizada con los eventos de calidad de la energía se llegó a la conclusión general de que el análisis causa raíz fue una metodología que nos permitió establecer las causas físicas probables y los factores contribuyentes que pudieron provocar los eventos de calidad de la energía como el Sag, el Swell, la Interrupción y el transitorio. Es decir, los resultados de la investigación confirman que los fenómenos presentados pueden ser provocados por el accionamiento de una protección en distribución o por algún usuario conectado al sistema de distribución local.

El análisis estadístico realizado para caracterizar los fenómenos de calidad de la energía, mostro que los eventos que se presentaron con mayor frecuencia son los Sag con 268 eventos, en segundo lugar, los transitorios con 209 eventos, seguidamente el Swell con 3 eventos y finalmente se presentó 1 interrupción en un periodo de 14 meses. En conclusión, la presencia de estos fenómenos en las redes de distribución de CENS afectan directamente a los circuitos conectados al patio de 34,5 kV de la subestación eléctrica San Mateo, de la misma manera se ve afectado el operador de red por los bajos indicadores en cuanto a calidad del servicio y calidad del producto.

Los resultados de la investigación confirman que para determinar la causa raíz física probable de un evento se planteó un árbol de falla general, el cual se categoriza en cuatro modos de fallo que van desde el análisis del sistema de transmisión nacional hasta los usuarios de tipo industrial, este árbol de fallo se divide en 8 posibles hipótesis que nos permitirán clasificar si un evento se presentó por una maniobra programada o no programada, por una falla eléctrica o si se presentó por el accionamiento de una protección en una subestación o en el sistema de distribución local.

Los resultados de la investigación sobre el estudio de la causa raíz física probable del Sag ha sido clasificada como una falla eléctrica, donde se considera principalmente a dos usuarios según el análisis realizado en la sección 6.4.4.1, de la misma manera se considera el accionamiento de una protección en distribución como un posible factor contribuyente. En cuanto al Swell, este evento no pudo ser validado por una causa raíz física probable debido a que no se encontró una causa, motivo u observación para validarlo, pero se considera que la consigna local realizada en el patio de 115 kV de San Mateo fue un posible factor contribuyente. Y finalmente para los eventos de la Interrupción y el Transitorio se consideró como causa raíz física probable la maniobra realizada por el usuario CEMENTOS DIAMANTE S.A. donde se ve claramente en la figura 112. Se debe considerar que ninguna de estas hipótesis por sí solas pueden explicar la fuente principal que genero el evento, pero los análisis gráficos, el informe operativo, la simultaneidad y combinación de estos posibles factores si explican lo ocurrido por cada evento.

Al realizar el análisis de los parámetros eléctricos en el punto de medida SANOT15, patio de 34.5 kV de la subestación San Mateo, desarrollados en el capítulo cuatro de la presente investigación, se llega a la conclusión que tiene una calidad en el suministro eléctrico aceptable y que se encuentra dentro de las tolerancias mínimas establecidas por la diversa normativa. Respecto a la frecuencia del sistema medida se puede decir que es de buena calidad, del mismo modo se establece que los parámetros de tensión se mantienen dentro de un rango permisible y el suministro de tensión se encuentra en óptimas condiciones. En igual forma el factor de potencia del sistema se mantiene dentro del rango permitido siendo 0.91 el valor mínimo, por lo que se asume que el factor de potencia se encuentra en óptimas condiciones.

Se pudo demostrar que el THDV está dentro de las tolerancias establecidas por la norma IEEE 519 del 2014, los valores de THDV para las fases V1, V2 y V3 se mantienen dentro del rango permisible, siendo 2,041% y 0,554% los extremos con respecto al rango permitido de < 5%. Por esta razón, no se asume problema alguno y se puede inferir que la distorsión armónica total de tensión del sistema es de buena calidad.

Mediante los registros obtenidos de los analizadores de red para la semana 53 del año 2020, no se aprecia ninguna interrupción en el servicio eléctrico, evidenciando que el suministro de tensión fue continuo y dentro de la tolerancia de [+5% a -10%] del voltaje nominal establecida por la NTC 1340. Se encontró que el sistema presenta desequilibrios de tensión (V2/V1) que alcanzan un porcentaje mínimo de hasta 0.08 % con respecto a lo establecido por la IEEE 1159 que es [0.5 – 2%], Por esta razón, se puede inferir que la calidad de la energía en cuanto a desbalance de tensión es mala.

En cuanto a las fluctuaciones de tensión, se demostró que el sistema presenta valores de Pst y Plt que superan los límites establecidos, pero al aplicar las recomendaciones de la norma IEEE 1453 de 2015, se calculó el valor estadístico del percentil 95% para el Pst y el Plt encontrándose ahora por debajo del límite sugerido. En conclusión, se puede decir que el 95% de las fluctuaciones de tensión de corta duración tienen un valor menor o igual a 0,15 en p.u. y que el 95% de las fluctuaciones de tensión de largo plazo tienen un valor menor o igual a 0,32 en p.u.

8. RECOMENDACIONES

Al corroborar que usuarios industriales de gran consumo como lo es CEMENTOS DIAMANTE S.A influyen en la aparición de estos eventos, se da como primera recomendación realizar un estudio de calidad de la energía en la frontera del operador de red con el usuario, de tal modo que se permita obtener mediciones de valores máximos y mínimos de tensión y corriente en tiempos más cortos para verificar si cumple con los límites normalizados y si está causando fallas eléctricas, para así poder buscar soluciones adecuadas.

Como se ha mostrado anteriormente, el problema de los Sag de tensión afecta al operador de red y al usuario final, estos eventos son más comunes que la interrupción y el transitorio en el patio de 34,5 kV de San Mateo. Existen múltiples métodos para corregir estas variaciones de tensión particularmente para aplicaciones industriales. A continuación, se proponen algunos métodos efectivos para la mitigación de estos fenómenos beneficiando a los distribuidores de energía y a los usuarios finales.

8.1 COMPENSADOR SÍNCRONO ESTÁTICO (STATCOM)

El compensador estático STATCOM o DSC es un equipo que inyecta energía reactiva a la red de distribución donde está conectado. El STATCOM tiene como objetivo incrementar la capacidad de transmisión de potencia en la red. La conexión a la red se realiza mediante transformadores de distribución donde puede ser adaptado a distintos niveles de tensión. Estos dispositivos tienen diferentes campos de aplicación, por ejemplo: para la reducción de armónicos, corrección del factor de potencia, estabilizar el voltaje frente a transitorios y fluctuaciones de tensión. Este equipo puede contribuir al mantenimiento del balance del sistema, además ayuda en la medida a la reducción del flicker.³³

El STATCOM puede operar mediante un control de corriente o mediante el control de voltaje. El primero le permite operar como regulador de carga, trabajando como filtro activo, corrector de factor de potencia e incluso balancear la carga. Al efectuar control del voltaje, protege contra las perturbaciones, Sag, Swell, desbalance e incluso breves interrupciones.³³

Una de las limitaciones es que esta solución suele ser costosa en algunos casos frente a tecnologías como los SVC así que su uso requiere de un estudio que incluya un análisis del impacto económico.

33 CUBIDES, BERNAL y CUBIDES Harvey. Analysis of voltage sag compensation in distribution systems using a multilevel DSTATCOM in ATP/EMTP: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. DYNA, 2015. ISSN 2346-2183.

8.2 RESTAURADOR DINÁMICO DE TENSIÓN (DVR)

El restaurador dinámico de tensión (DVR) es un dispositivo conectado en serie con la redes de distribución, los DVR's son útiles para la protección contra Sag, Swell y distorsión en la forma de onda. Su funcionamiento se basa en un inversor de voltaje que es capaz de generar o absorber potencia real o activa, para ello inyecta niveles de tensión de CA en serie y en sincronismo con las tensiones de la red de distribución.³⁴

Algunas de las características de este dispositivo es que tiene una capacidad de respuesta de 0.5 a 2.5 ms, por otro parte al conectarse en serie solo puede afectar a los dispositivos instalados después del punto de medición. Sin embargo, ofrecen una excelente protección contra las perturbaciones de la red eléctrica, son robustos, fiables y de respuesta muy rápida y prácticamente no necesitan mantenimiento.³⁴

Su instalación y selección requiere de un estudio de impacto y beneficios. Como no se realizó ninguna análisis de simulación no es posible determinar de manera clara cuál de los dos dispositivos: STATCOM o DVR será la mejor solución para mitigar el evento Sag, selección dependerá de las características propias de una simulación y configuración del dispositivo.³⁴

La propuesta de implementación para el fenómeno que se presenta con mayor frecuencia no pudo ser ejecutada en su totalidad, es decir, solo se mencionaron unos métodos que permitan mitigar el evento analizado. La falta de acceso a la información se vio limitada en cuanto al modelo eléctrico que actualmente tiene CENS en el software DigSilent ya que no se pudo acceder a esta información para simular el comportamiento del sistema al aplicar un método de mitigación.

³⁴ WAHAB, Shairul Y YUSOF, Mohd. Voltage Sag and Mitigation Using Dynamic Voltage Restorer (DVR) System: Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Electrical Engineering. ELEKTRIKA, 2006. VOL. 8. NO. 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAICEDO, Marco y MATAMOROS, Liz. Guía de Análisis de Fallas [en línea]. Cúcuta, Colombia: CENS S.A. E.SP. junio. 2018 [citado 11 mar, 2021]. Disponible en internet:<URL: https://mibitacoracens.epm.com.co/GestionA/Documentos%20compartidos/L4.%20Evaluación%20y%20Mejora%20del%20SGA/5.5%20Acciones%20correctivas%20y%20preventivas/Metodología%20de%20análisis%20de%20fallas%20V4/V4_Guia%20Análisis%20de%20fallas_Final%2013082018.docx
2. ASTUDILLO, L; VÁSQUEZ, A y ROJAS, J. Implementación de un filtro pasivo para compensación armónica y corrección del factor de potencia. UFPS, San José de Cúcuta: Científica, 2015. vol. 20, núm. 1. ISSN 1665-0654.
3. SANTANA, Josué Damián y ZAMBRANO, Jonathan. estudio y análisis de calidad de la energía del cuarto eléctrico servicios generales Holcim planta Guayaquil. Tesis Previa Ingeniero Eléctrico. Guayaquil.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Facultad de ingeniería eléctrica,2013. 384 p.
4. CERVANTES, Oscar Mauricio. Metodología de medición de calidad de energía eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la universidad de la costa – cuc. Trabajo de grado Ingeniero eléctrico. Barranquilla: Universidad de la Costa CUC. Facultad de Ingenierías, 2014. 102p.
5. MOJICA, Juan Andrés. Análisis causa raíz de los eventos de calidad de energía eléctrica en el patio de 34,5 kV de la subestación Ínsula CENS S.A. E.S.P. Trabajo de grado Ingeniero Eléctrico. Pamplona: Universidad de Pamplona. Facultad de Ingenierías y Arquitectura, 2020. 113p.
6. AMAGUAYA, Adriano y ALCÍVAR, Wilson. Estudio y análisis de la calidad de la energía eléctrica de un banco de transformadores en media tensión a la empresa Hidalgo & Hidalgo en la ciudad de Guayaquil. Trabajo de Titulación Ingeniero Eléctrico-Mecánica. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, 2019. 71 p.
7. MUÑOZ, José Alexander. Análisis de calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa agrícola pampa baja sac olmos - tierras nuevas. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Electricista. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2019. 106p.
8. CAMPOS, Mario Segundo. Análisis de los indicadores eléctricos para mejorar la calidad de la energía eléctrica en la factoría servicios industriales AYBAR. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Electricista. Cajamarca: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería, 2017, 142p.
9. QUISPE, Alan Gabriel. Análisis de la calidad de energía eléctrica en sistemas de distribución de baja tensión - salida i s.e. Bellavista. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Electricista. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. 252p.

10. INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159. New York.: The Institute, 2009. 81p.
11. ENRÍQUEZ HARPER, G. El ABC de la calidad de la Energía Eléctrica. México.: Limusa Noriega Editores, 2004. 265 p.
12. DUGAN, Roger; MCGRANAGHAN, Mark; SANTOSO, Surya y BEATY, Wayne. Electrical Power Systems Quality. 2 ed. USA, McGraw-Hill, 2004. 521p.
13. KUSKO, Alexander y THOMPSON, Marc. Power Quality in Electrical Systems. USA, McGraw-Hill, 2007. 241p.
14. SÁNCHEZ, Miguel A. Calidad de la Energía Eléctrica. México: Instituto Tecnológico de Puebla DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, 2009. 492 p.
15. SANKARAN, C. Power Quality. USA, CRC Press LLC, 2002. 202P.
16. CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER. Quiénes somos. {En línea}. {Consultado el 9 de febrero 2021}. Disponible en: <https://www.cens.com.co/Institucional/Quienessomos.aspx>
17. COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 070. (28, mayo, 1998). Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 1998. No 43318. p 1-63.
18. COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 047. (01, junio, 2004). Por la cual se modifica la Resolución CREG - 108 de 1997. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2004. No 45621. p 1-3.
19. COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 024. (26, abril, 2005). Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de Distribución de Energía Eléctrica. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2005. No 45904. p 1-10.
20. COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 025. (13, julio, 1995). Por la cual se establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. Bogotá, D.C., 2005. No 41937. p 1-141.
21. COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 016. (26, febrero, 2007). Por la cual se modifica parcialmente la Resolución CREG 024 de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la Distribución de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2007. No 46583. p 1-6.

22. COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 065. (25, junio, 2012). Por el cual se ordena hacer público un proyecto de resolución de carácter general, que pretende establecer las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables en el Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2012. No 48509. p 1-34.
23. COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 015. (29, enero, 2018). Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2018. No 50496. p 1-239.
24. INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. IEEE Std 519. New York.: The Institute, 2014. 17p.
25. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods. IEC 61000-4-30. Bélgica: The organization, 2015. 146p.
26. CONSEJO DE LA INDUSTRIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN. Nota de aplicación de la curva ITI (CBEMA) [en línea]. Washington DC: ITI, abril. 2019 [citado 20 feb, 2021]. Disponible en internet: <https://www.itic.org/policy/regulatory-compliance>. También disponible el documento en: <https://www.itic.org/dotAsset/b7e622fd-7b12-4641-bb0b-00af8c9e5c37.doc>
27. SCHNEIDER ELECTRIC, PowerLogic™ ION 7550/ION 7650 User guide. France: 2019. 7EN02-0248-08. 206 p.
28. SCHNEIDER ELECTRIC, PowerLogic™ ION 7300 series User guide. Canadá: 2009. 70002-0162-05. 152 p.
29. DIGI, Digi TransPort WR21 Datasheet. 2019 [citado 18 May, 2021]. Disponible en internet: https://www.digi.com/resources/library/data-sheets/ds_digitransportwr21
30. SKAVA CONSULTING S.A. Informe de estudio de causa raíz física proyecto hidroeléctrico Ituango. Antioquia: 2019. SKV373-003-001-INF-001-0. 199 p.
31. VORLEY, Geoff. Mini guía para el análisis causa raíz. Londres, Reino Unido: Gestión de calidad y formación (publicaciones), 2008. 15p.
32. INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice for the Analysis of Fluctuating Installations on Power Systems. IEEE Std 1453. New York.: The Institute, 2015. 74p.

33. CUBIDES, BERNAL y CUBIDES Harvey. Analysis of voltage sag compensation in distribution systems using a multilevel DSTATCOM in ATP/EMTP: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. DYNA, 2015. ISSN 2346-2183.
34. WAHAB, Shairul Y YUSOF, Mohd. Voltage Sag and Mitigation Using Dynamic Voltage Restorer (DVR) System: Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Electrical Engineering. ELEKTRIKA, 2006. VOL. 8. NO. 2.

ANEXOS

Anexo 1. Datos de los eventos de transitorios tomados por el medidor ION 7650

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)	N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
1	2020-ene-07 08:57:44.666	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	135	47	2020-sep-03 18:23:09.903	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	130
2	2020-ene-22 05:41:05.364	Trans	V1	0.000488	131	48	2020-sep-03 19:43:16.737	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	127
3	2020-feb-01 08:58:06.189	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	129	49	2020-sep-17 07:07:12.788	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	127
4	2020-feb-01 08:58:06.198	Trans *Outside Graph Range	V3	9.7E-05	133	50	2020-sep-19 20:04:22.678	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126
5	2020-feb-09 08:35:48.788	Trans	V2	0.00228	148	51	2020-sep-23 23:46:39.954	Trans	V3	0.000878	134
6	2020-feb-09 15:45:29.545	Trans *Exceeds Tolerance	V2	0.003025	165	52	2020-sep-25 22:41:13.604	Trans	V2	0.000195	267
7	2020-feb-09 16:24:05.665	Trans *Outside Graph Range	V2	9.7E-05	152	53	2020-sep-26 05:56:53.558	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	135
8	2020-feb-09 21:45:18.668	Trans *Exceeds Tolerance	V1	0.003744	147	54	2020-sep-28 07:19:02.071	Trans *Outside Graph Range	V2	6.5E-05	134
9	2020-feb-10 10:40:39.412	Trans	V2	0.000162	143	55	2020-sep-28 07:21:33.389	Trans	V2	0.00013	137
10	2020-mar-04 10:13:34.010	Trans	V2	0.00039	162	56	2020-sep-29 12:27:34.393	Trans	V1	0.00039	135
11	2020-abr-14 07:48:00.507	Trans	V3	0.001041	139	57	2020-sep-29 12:28:32.715	Trans *Outside Graph Range	V2	6.5E-05	137
12	2020-abr-14 07:57:41.960	Trans	V2	0.001398	148	58	2020-sep-29 12:28:32.723	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	155
13	2020-abr-14 20:05:32.704	Trans *Exceeds Tolerance	V2	0.003252	225	59	2020-sep-29 12:28:32.806	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126
14	2020-abr-14 20:05:32.712	Trans *Exceeds Tolerance	V3	0.003057	162	60	2020-sep-29 12:28:32.990	Trans	V1	0.00013	130
15	2020-abr-30 02:05:57.974	Trans	V1	0.000195	147	61	2020-sep-29 12:28:33.090	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	140
16	2020-abr-30 13:24:08.527	Trans	V3	0.001496	139	62	2020-sep-29 12:28:33.215	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126
17	2020-may-07 08:19:29.666	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	130	63	2020-sep-29 12:28:33.523	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	142
18	2020-may-10 12:54:26.008	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	126	64	2020-sep-29 12:28:33.840	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	142
19	2020-jun-01 08:29:14.956	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	128	65	2020-sep-29 12:28:41.590	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	144
20	2020-jun-10 08:55:41.053	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	66	2020-sep-29 12:28:41.790	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	127
21	2020-jun-11 07:41:18.698	Trans *Outside Graph Range	V3	9.7E-05	140	67	2020-sep-29 12:28:41.873	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	131
22	2020-jun-12 07:28:41.862	Trans *Outside Graph Range	V3	9.7E-05	136	68	2020-sep-29 12:28:42.032	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	138
23	2020-jun-26 06:21:12.021	Trans	V3	0.000228	157	69	2020-sep-29 12:28:42.140	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	138
24	2020-jun-30 08:10:33.480	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	134	70	2020-sep-29 12:28:42.290	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	145
25	2020-jul-17 06:58:08.368	Trans	V2	0.000162	139	71	2020-sep-29 12:28:42.640	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	145
26	2020-jul-22 08:12:45.344	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	72	2020-sep-29 12:28:42.774	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	144
27	2020-jul-23 07:19:47.024	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	73	2020-sep-29 12:28:42.857	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	145
28	2020-jul-24 07:26:54.715	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	74	2020-sep-29 12:28:42.940	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	138
29	2020-jul-29 22:43:52.957	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	136	75	2020-sep-29 12:28:43.065	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	140
30	2020-jul-29 22:47:19.681	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	155	76	2020-sep-29 12:28:43.274	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	145
31	2020-jul-31 08:35:05.633	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	126	77	2020-sep-29 12:28:43.724	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	142
32	2020-ago-02 07:47:37.862	Trans	V1	0.001626	156	78	2020-sep-29 12:28:43.807	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	127
33	2020-ago-02 09:32:56.427	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	128	79	2020-sep-29 12:28:44.024	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	145
34	2020-ago-07 00:55:49.336	Trans	V3	0.000911	128	80	2020-sep-29 12:28:44.824	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	141
35	2020-ago-21 11:05:24.398	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	132	81	2020-sep-29 12:28:45.007	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	144
36	2020-ago-22 00:07:03.460	Trans	V3	0.00026	262	82	2020-sep-29 12:28:50.541	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	148
37	2020-ago-22 00:10:30.492	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	130	83	2020-sep-29 12:29:27.437	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	132
38	2020-sep-02 16:30:27.661	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	136	84	2020-sep-29 12:29:27.596	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	138
39	2020-sep-02 16:31:53.444	Trans	V3	0.00013	158	85	2020-sep-29 12:29:27.721	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	144
40	2020-sep-02 16:33:32.032	Trans	V3	0.000292	199	86	2020-sep-29 12:29:27.996	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	142
41	2020-sep-02 16:33:32.124	Trans	V3	0.00026	159	87	2020-sep-29 12:29:28.079	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	127
42	2020-sep-02 16:40:26.222	Trans	V3	0.000227	181	88	2020-sep-29 12:29:28.162	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	130
43	2020-sep-02 16:41:36.317	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	128	89	2020-sep-29 12:29:28.296	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	131
44	2020-sep-02 16:51:12.816	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	130	90	2020-sep-29 12:29:28.362	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	127
45	2020-sep-02 16:51:12.850	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	128	91	2020-sep-29 12:29:28.396	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	139
46	2020-sep-02 17:03:00.705	Trans	V2	0.00013	128	92	2020-sep-29 12:29:28.496	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	144

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 1. Continuación

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)	N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
93	2020-sep-29 12:29:28.604	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	135	143	2020-sep-29 12:29:42.191	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	142
94	2020-sep-29 12:29:28.796	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	136	144	2020-sep-29 12:29:42.441	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	136
95	2020-sep-29 12:29:28.979	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	145	2020-sep-29 12:29:42.891	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	133
96	2020-sep-29 12:29:29.413	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	133	146	2020-sep-29 12:29:44.050	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	132
97	2020-sep-29 12:29:29.504	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	135	147	2020-sep-29 12:29:48.865	Trans	V1	0.000455	137
98	2020-sep-29 12:29:29.604	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	135	148	2020-sep-29 15:38:27.547	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	133
99	2020-sep-29 12:29:29.713	Trans	V1	0.00013	149	149	2020-sep-29 16:19:21.283	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	133
100	2020-sep-29 12:29:29.888	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	134	150	2020-sep-29 16:42:57.087	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	135
101	2020-sep-29 12:29:29.979	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	129	151	2020-oct-02 07:20:21.279	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	127
102	2020-sep-29 12:29:30.138	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	152	2020-oct-20 01:22:43.894	Trans	V3	0.00026	161
103	2020-sep-29 12:29:30.238	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	153	2020-oct-23 09:59:20.925	Trans	V2	0.00039	131
104	2020-sep-29 12:29:30.321	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	131	154	2020-oct-29 22:38:49.657	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	132
105	2020-sep-29 12:29:30.405	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	137	155	2020-oct-29 22:49:55.666	Trans	V2	0.000162	140
106	2020-sep-29 12:29:30.546	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	131	156	2020-oct-29 22:50:53.786	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	131
107	2020-sep-29 12:29:30.663	Trans	V1	0.00013	141	157	2020-oct-31 02:17:44.273	Trans	V1	0.000521	146
108	2020-sep-29 12:29:30.755	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	145	158	2020-oct-31 02:22:44.075	Trans	V3	0.000162	151
109	2020-sep-29 12:29:30.838	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	130	159	2020-oct-31 02:23:27.113	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126
110	2020-sep-29 12:29:30.938	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	128	160	2020-oct-31 02:24:09.689	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	131
111	2020-sep-29 12:29:31.088	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	128	161	2020-oct-31 02:27:49.692	Trans	V2	0.00013	144
112	2020-sep-29 12:29:31.197	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	162	2020-oct-31 02:29:24.104	Trans *Outside Graph Range	V3	9.7E-05	135
113	2020-sep-29 12:29:31.321	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	163	2020-oct-31 02:29:24.113	Trans	V2	0.00013	132
114	2020-sep-29 12:29:31.730	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	127	164	2020-oct-31 02:31:04.258	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	147
115	2020-sep-29 12:29:32.072	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	165	2020-oct-31 02:33:58.541	Trans	V3	0.000227	182
116	2020-sep-29 12:29:32.172	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	128	166	2020-oct-31 03:36:19.781	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	138
117	2020-sep-29 12:29:32.263	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	139	167	2020-oct-31 03:38:41.939	Trans	V3	0.00013	143
118	2020-sep-29 12:29:32.347	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	141	168	2020-nov-02 12:46:59.945	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	129
119	2020-sep-29 12:29:35.406	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	137	169	2020-nov-03 22:47:18.943	Trans	V3	0.000325	129
120	2020-sep-29 12:29:35.622	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	142	170	2020-nov-04 07:39:52.160	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	127
121	2020-sep-29 12:29:35.756	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	133	171	2020-nov-04 07:39:52.193	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	127
122	2020-sep-29 12:29:35.847	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	128	172	2020-nov-05 06:34:14.819	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	126
123	2020-sep-29 12:29:35.989	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	127	173	2020-nov-05 07:34:36.868	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	129
124	2020-sep-29 12:29:36.072	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	174	2020-nov-06 03:29:34.104	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	136
125	2020-sep-29 12:29:36.156	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	133	175	2020-nov-06 03:36:12.699	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	129
126	2020-sep-29 12:29:36.239	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	136	176	2020-nov-06 03:40:22.054	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	135
127	2020-sep-29 12:29:36.372	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	128	177	2020-nov-06 07:55:15.576	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	126
128	2020-sep-29 12:29:36.472	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	133	178	2020-nov-10 18:26:58.573	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	171
129	2020-sep-29 12:29:36.556	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	134	179	2020-nov-10 18:26:58.673	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	162
130	2020-sep-29 12:29:36.639	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	127	180	2020-nov-10 18:26:58.756	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	130
131	2020-sep-29 12:29:36.756	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	131	181	2020-nov-10 18:36:23.502	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	132
132	2020-sep-29 12:29:36.872	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	130	182	2020-nov-10 18:42:24.467	Trans	V3	0.000423	188
133	2020-sep-29 12:29:36.964	Trans	V1	0.000162	146	183	2020-nov-10 18:45:58.529	Trans	V2	0.000195	183
134	2020-sep-29 12:29:37.056	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	130	184	2020-nov-11 10:16:36.596	Trans *Outside Graph Range	V3	9.7E-05	128
135	2020-sep-29 12:29:37.198	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	135	185	2020-nov-15 09:52:12.841	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	126
136	2020-sep-29 12:29:37.306	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	137	186	2020-nov-16 08:28:48.014	Trans	V2	0.00026	127
137	2020-sep-29 12:29:37.464	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	142	187	2020-nov-19 07:47:56.610	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126
138	2020-sep-29 12:29:37.598	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	129	188	2020-nov-24 07:29:35.260	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126
139	2020-sep-29 12:29:37.706	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	128	189	2020-nov-29 10:27:58.776	Trans	V2	0.000846	148
140	2020-sep-29 12:29:37.806	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	132	190	2020-nov-29 10:28:32.278	Trans	V2	0.000651	148
141	2020-sep-29 12:29:38.040	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	128	191	2020-dic-01 07:43:04.678	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126
142	2020-sep-29 12:29:38.273	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	133	192	2020-dic-02 07:05:29.348	Trans *Outside Graph Range	V3	3.2E-05	126

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 1. Continuación

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)	N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
193	2020-dic-03 16:19:54.153	Trans	V3	0.00013	177	202	2021-ene-24 13:57:46.653	Trans *Outside Graph Range	V2	6.5E-05	138
194	2020-dic-10 07:48:24.664	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	127	203	2021-ene-24 14:14:21.280	Trans	V3	0.00013	135
195	2020-dic-19 12:47:32.325	Trans	V3	0.001463	131	204	2021-ene-24 14:14:21.289	Trans	V2	0.00026	150
196	2020-dic-19 12:48:44.165	Trans	V3	0.000162	221	205	2021-ene-24 17:05:56.929	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	132
197	2020-dic-19 17:54:37.906	Trans	V3	0.000391	129	206	2021-ene-27 16:39:47.992	Trans *Outside Graph Range	V1	9.7E-05	157
198	2020-dic-19 17:56:41.035	Trans	V3	0.00013	154	207	2021-feb-19 10:11:07.988	Trans *Outside Graph Range	V1	6.5E-05	127
199	2021-ene-04 11:18:42.031	Trans	V1	0.000325	134	208	2021-feb-25 07:12:43.674	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	130
200	2021-ene-06 08:34:00.370	Trans *Outside Graph Range	V1	3.2E-05	126	209	2021-feb-25 07:12:43.707	Trans *Outside Graph Range	V2	3.2E-05	126
201	2021-ene-14 07:49:35.507	Trans *Outside Graph Range	V3	6.5E-05	127						

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 2. Datos de los eventos de Sag tomados por el medidor ION 7650

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)	N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
1	2020-ene-03 13:50:17.046	Sag	V3	0.182999998	84.77318573	37	2020-mar-14 07:55:30.505	Sag	V2	0.098999999	89.31123352
2	2020-ene-03 13:50:22.343	Sag	V3	0.101000004	84.70754242	38	2020-mar-14 07:55:35.811	Sag	V2	0.107000001	88.53385162
3	2020-ene-07 08:57:39.476	Sag	V3	0.092	84.86716461	39	2020-mar-14 07:56:42.579	Sag	V1	0.549000025	84.81083679
4	2020-ene-07 08:57:44.691	Sag	V3	0.017000001	86.29297638	40	2020-mar-30 12:54:07.337	Sag	V1	0.067000002	86.91751099
5	2020-ene-07 08:58:27.354	Sag	V3	0.066	84.84686279	41	2020-abr-08 17:48:39.905	Sag	V2	0.033	73.22364044
6	2020-ene-07 09:12:36.521	Sag	V3	0.282999992	86.31654358	42	2020-abr-08 18:15:21.707	Sag	V1	0.050999999	87.45623016
7	2020-ene-10 09:38:00.297	Sag	V3	0.107000001	89.57843018	43	2020-abr-11 17:25:01.810	Sag	V3	0.048999999	87.38333893
8	2020-ene-11 13:04:31.008	Sag	V3	0.100000001	87.79108429	44	2020-abr-12 00:16:24.647	Sag	V2	0.009	89.90548706
9	2020-ene-15 20:20:12.551	Sag	V1	0.083999999	89.08444214	45	2020-abr-21 07:50:26.881	Sag	V1	0.066	76.76597595
10	2020-ene-22 05:41:05.372	Sag	V1	0.050000001	86.39382935	46	2020-abr-22 18:10:06.984	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.101000004	53.97330093
11	2020-ene-28 07:45:10.199	Sag	V2	0.133000001	88.56941986	47	2020-abr-25 05:17:59.361	Sag	V1	0.064999998	89.63730621
12	2020-ene-28 07:45:20.067	Sag	V1	0.115000002	87.86395264	48	2020-abr-27 18:43:23.656	Sag	V2	0.017000001	75.66859436
13	2020-ene-28 07:45:20.424	Sag	V3	0.133000001	87.34415436	49	2020-abr-27 20:07:16.446	Sag	V2	0.017000001	86.68453217
14	2020-ene-28 07:45:27.416	Sag	V1	0.133000001	88.47689819	50	2020-abr-29 17:20:45.158	Sag	V2	0.016000001	86.64824677
15	2020-feb-02 15:18:04.250	Sag	V3	0.342999995	75.09445953	51	2020-abr-30 02:05:57.991	Sag	V1	0.508000016	87.90704346
16	2020-feb-02 15:18:11.621	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.208000004	68.04974365	52	2020-abr-30 14:46:46.978	Sag	V3	0.025	89.25666046
17	2020-feb-05 07:35:07.669	Sag	V2	0.225999996	77.34367371	53	2020-may-01 01:55:05.402	Sag	V1	0.026000001	89.40322113
18	2020-feb-05 07:35:12.902	Sag	V3	0.416000009	76.20397949	54	2020-may-02 23:46:58.011	Sag	V3	0.048999999	87.69396973
19	2020-feb-06 11:39:55.535	Sag	V3	0.041000001	89.93494415	55	2020-may-05 06:23:13.442	Sag	V1	0.241999999	85.80906677
20	2020-feb-09 16:22:19.324	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.384000003	28.0915947	56	2020-may-05 06:23:13.709	Sag	V1	0.200000003	84.52523804
21	2020-feb-10 10:38:58.097	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.374000013	39.94803619	57	2020-may-09 11:58:32.568	Sag	V2	0.092	87.27806854
22	2020-feb-11 02:15:59.604	Sag	V3	0.115000002	87.88379669	58	2020-may-10 11:34:04.319	Sag	V1	0.133000001	85.86180115
23	2020-feb-11 08:18:16.286	Sag	V3	0.116999999	87.91544342	59	2020-may-10 12:17:17.754	Sag	V1	0.134000003	85.56159973
24	2020-feb-14 00:58:32.953	Sag	V2	0.116999999	89.01769257	60	2020-may-13 00:34:41.144	Sag	V2	0.067000002	86.75978088
25	2020-feb-16 23:24:04.071	Sag	V3	0.033	88.17431641	61	2020-may-14 12:28:22.736	Sag	V1	0.240999997	84.84456635
26	2020-feb-19 22:19:26.593	Sag	V3	0.059	89.37854767	62	2020-may-23 14:37:10.102	Sag	V1	0.082000002	88.6554184
27	2020-feb-20 01:29:50.709	Sag	V3	0.092	84.89404297	63	2020-may-24 22:48:48.578	Sag	V3	0.039999999	81.9645462
28	2020-feb-23 09:09:33.417	Sag	V1	0.100000001	88.90158081	64	2020-may-26 10:47:53.479	Sag	V1	0.300000012	84.99538422
29	2020-feb-24 10:33:47.468	Sag	V2	0.133000001	87.74420929	65	2020-may-27 22:35:30.108	Sag	V3	0.057999998	86.84386444
30	2020-mar-04 03:45:24.848	Sag	V2	0.310000002	89.41133118	66	2020-may-28 21:55:22.828	Sag	V2	0.016000001	89.29542542
31	2020-mar-06 18:31:48.797	Sag	V2	0.008	88.29184723	67	2020-may-31 06:40:05.668	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.207000002	61.71740341
32	2020-mar-09 03:22:50.393	Sag	V3	0.326000005	74.58062744	68	2020-may-31 15:56:45.793	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.358000001	38.7220192
33	2020-mar-09 12:08:52.440	Sag	V1	0.041000001	87.4119339	69	2020-may-31 16:42:15.367	Sag	V1	0.057999998	86.22134399
34	2020-mar-09 12:09:17.879	Sag	V3	0.026000001	88.66954041	70	2020-jun-07 06:20:21.265	Sag	V2	0.384000003	82.73777771
35	2020-mar-09 12:15:33.269	Sag	V3	0.041000001	87.2585907	71	2020-jun-07 14:27:43.548	Sag	V1	0.050000001	75.58245087
36	2020-mar-09 12:23:49.169	Sag	V2	0.033	87.59541321	72	2020-jun-07 19:13:41.507	Sag	V2	0.048999999	88.6772995

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 2. Continuación

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)	N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
73	2020-jun-21 16:59:36.235	Sag	V2	0.033	89.38370514	122	2020-ago-28 12:31:49.703	Sag	V1	0.093000002	81.33711243
74	2020-jun-21 17:04:50.590	Sag	V2	0.043000001	89.16251373	123	2020-ago-28 16:52:22.940	Sag	V2	0.067000002	83.17285156
75	2020-jun-26 06:19:55.574	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.759000003	71.00294495	124	2020-ago-29 02:43:20.321	Sag	V2	0.192000002	82.47075653
76	2020-jun-26 20:16:18.895	Sag	V2	0.056000002	86.47185516	125	2020-sep-01 12:04:56.499	Sag	V3	0.101000004	80.96886444
77	2020-jul-01 15:55:41.118	Sag	V3	0.057	76.89421082	126	2020-sep-02 16:15:26.404	Sag	V2	0.090000004	89.64551544
78	2020-jul-02 10:24:33.462	Sag	V1	0.300000012	81.60656738	127	2020-sep-02 16:31:53.511	Sag	V3	0.075000003	86.89479065
79	2020-jul-02 19:00:47.256	Sag	V1	0.123999998	85.42253113	128	2020-sep-02 16:54:00.964	Sag	V3	0.116999999	87.72296906
80	2020-jul-07 17:32:17.606	Sag	V3	0.048999999	87.37029266	129	2020-sep-02 17:13:57.805	Sag	V2	0.266000003	89.00476837
81	2020-jul-07 17:33:20.777	Sag	V1	0.107000001	89.75107574	130	2020-sep-03 18:23:09.928	Sag	V1	0.050000001	88.51017761
82	2020-jul-08 12:05:23.906	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.074000001	68.37800598	131	2020-sep-03 19:14:38.540	Sag	V3	0.041000001	87.68917847
83	2020-jul-09 23:39:59.612	Sag	V3	0.023	89.22929382	132	2020-sep-03 19:43:16.745	Sag	V3	0.308999985	86.51489258
84	2020-jul-11 02:44:28.004	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.083999999	69.80504608	133	2020-sep-09 08:04:23.811	Sag	V3	0.041000001	89.0863266
85	2020-jul-11 20:10:47.262	Sag	V3	0.039999999	88.6638031	134	2020-sep-10 09:50:16.420	Sag	V2	0.123999998	84.6067276
86	2020-jul-12 17:01:23.820	Sag	V3	0.025	89.59368896	135	2020-sep-12 09:13:56.260	Sag	V2	0.024	84.87151337
87	2020-jul-15 21:20:23.653	Sag	V2	0.081	89.15755463	136	2020-sep-15 20:24:58.938	Sag	V1	0.39199999	81.83317566
88	2020-jul-15 21:20:28.815	Sag	V1	0.273999989	87.21950531	137	2020-sep-17 07:06:06.433	Sag	V1	0.123000003	80.40692139
89	2020-jul-15 21:22:14.411	Sag	V1	0.107000001	88.19509888	138	2020-sep-17 22:39:19.750	Sag	V3	0.273999989	82.86681366
90	2020-jul-17 06:57:00.258	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.166999996	31.61800766	139	2020-sep-18 16:11:25.748	Sag	V3	0.101000004	89.4835968
91	2020-jul-17 06:57:01.985	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.773999989	18.25347328	140	2020-sep-18 17:22:16.324	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.056000002	67.88058472
92	2020-jul-22 10:43:34.344	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.150000006	65.81712341	141	2020-sep-18 19:12:31.510	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.150000006	46.57362747
93	2020-jul-22 10:43:40.652	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.149000004	63.97154999	142	2020-sep-19 00:14:15.465	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.123999998	50.50686646
94	2020-jul-25 08:13:03.696	Sag	V2	0.248999998	86.48370361	143	2020-sep-20 00:20:39.420	Sag	V1	0.149000004	89.6054306
95	2020-jul-26 17:43:28.895	Sag	V3	0.105999999	87.72577667	144	2020-sep-20 02:09:16.063	Sag	V2	0.098999999	84.34893799
96	2020-jul-26 17:43:34.552	Sag	V2	0.165999994	89.57004547	145	2020-sep-21 14:35:33.049	Sag	V1	0.041999999	82.8070755
97	2020-jul-27 07:33:21.004	Sag	V2	0.367000014	81.91490936	146	2020-sep-23 10:35:43.253	Sag	V1	0.109999999	88.72880554
98	2020-jul-29 23:00:51.327	Sag	V3	0.342999995	72.80374146	147	2020-sep-24 05:36:04.885	Sag	V2	0.351000011	80.24752808
99	2020-jul-30 06:14:08.030	Sag	V3	0.300999999	74.47795105	148	2020-sep-24 05:39:44.360	Sag	V2	0.092	85.32032776
100	2020-jul-30 11:44:00.623	Sag	V2	0.158000007	88.24127197	149	2020-sep-25 06:36:27.932	Sag	V3	0.363999993	74.93544006
101	2020-jul-31 18:56:46.493	Sag	V2	0.300999999	79.69788361	150	2020-sep-25 06:39:55.216	Sag	V2	0.066	84.04994202
102	2020-ago-01 01:14:43.283	Sag	V3	0.107000001	88.75112915	151	2020-sep-28 19:20:32.915	Sag	V1	0.206	88.24868011
103	2020-ago-02 14:29:10.062	Sag	V3	0.083999999	87.96177673	152	2020-sep-29 09:14:53.658	Sag	V2	0.109999999	86.68276215
104	2020-ago-03 19:59:32.166	Sag	V1	0.039999999	82.84141541	153	2020-sep-29 09:26:42.529	Sag	V2	0.105999999	86.32321167
105	2020-ago-05 17:28:54.993	Sag	V3	0.041999999	83.71144867	154	2020-sep-29 11:29:43.691	Sag	V1	0.175999999	87.99506378
106	2020-ago-07 05:39:29.187	Sag	V2	0.166999996	89.38051605	155	2020-sep-29 11:29:49.506	Sag	V2	0.059	86.4319458
107	2020-ago-08 15:18:50.064	Sag	V2	0.241999999	83.02779388	156	2020-sep-29 12:27:34.401	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.526000023	38.07527542
108	2020-ago-09 10:39:04.236	Sag	V3	0.090000004	76.96810913	157	2020-sep-29 12:28:51.149	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.592999995	41.09574127
109	2020-ago-15 01:40:33.044	Sag	V3	0.048999999	82.07977295	158	2020-sep-29 12:29:48.906	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.532999992	36.49777985
110	2020-ago-15 10:01:52.706	Sag	V3	0.056000002	88.2755127	159	2020-sep-29 14:35:42.447	Sag	V1	0.072999999	84.2807312
111	2020-ago-17 00:05:44.871	Sag	V1	0.025	89.59577942	160	2020-sep-29 15:22:31.037	Sag	V1	0.033	89.0463562
112	2020-ago-18 05:57:11.976	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.107000001	65.97620392	161	2020-sep-30 06:27:11.512	Sag	V2	0.123999998	86.66957092
113	2020-ago-18 06:03:45.658	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.100000001	66.04198456	162	2020-oct-02 23:37:09.637	Sag	V3	0.043000001	84.66313934
114	2020-ago-19 02:13:10.278	Sag	V1	0.041999999	88.91487885	163	2020-oct-04 22:36:15.593	Sag	V1	0.033	89.34854126
115	2020-ago-19 17:04:44.818	Sag	V2	0.067000002	86.63336182	164	2020-oct-05 00:53:19.351	Sag	V1	0.133000001	89.10326385
116	2020-ago-19 17:58:55.083	Sag	V1	0.048999999	87.19451904	165	2020-oct-06 08:46:46.411	Sag	V1	0.240999997	84.12750244
117	2020-ago-21 09:39:08.241	Sag	V3	0.008	89.91188049	166	2020-oct-06 18:53:47.094	Sag	V1	0.105999999	84.11869049
118	2020-ago-21 11:03:29.429	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.115000002	53.44182968	167	2020-oct-06 20:42:55.768	Sag	V2	0.066	86.51546478
119	2020-ago-21 22:54:26.358	Sag	V3	0.041999999	85.80710602	168	2020-oct-06 20:44:56.976	Sag	V2	0.057999998	86.47705841
120	2020-ago-25 15:29:14.907	Sag	V3	0.041000001	89.06638336	169	2020-oct-08 23:12:44.766	Sag	V2	0.030999999	89.72670746
121	2020-ago-28 12:17:09.318	Sag	V1	0.075999998	82.17713165	170	2020-oct-10 18:24:00.668	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.066	68.45863342

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 2. Continuación

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)	N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
171	2020-oct-11 08:07:09.119	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.224999994	60.158535	220	2020-nov-16 08:28:48.029	Sag	V1	0.075999998	86.99212646
172	2020-oct-12 15:27:45.513	Sag	V2	0.349999994	74.370224	221	2020-nov-16 18:05:23.407	Sag	V2	0.108999997	81.16111755
173	2020-oct-12 15:27:50.946	Sag	V2	0.314999998	72.81546783	222	2020-nov-17 23:47:10.148	Sag	V3	0.240999997	87.21035004
174	2020-oct-14 18:00:27.331	Sag	V2	0.066	80.66415405	223	2020-nov-17 23:47:20.402	Sag	V3	0.25	87.59976196
175	2020-oct-14 23:00:31.590	Sag	V2	0.142000005	83.74243927	224	2020-nov-17 23:48:21.117	Sag	V3	0.250999987	87.40388489
176	2020-oct-18 13:40:47.027	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.075000003	67.82169342	225	2020-nov-17 23:51:00.646	Sag	V3	0.248999998	87.49353027
177	2020-oct-18 13:44:43.057	Sag	V1	0.056000002	87.21676636	226	2020-nov-19 00:38:22.520	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.059	56.07645035
178	2020-oct-20 01:21:54.329	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.370000005	20.49350357	227	2020-nov-19 05:11:27.621	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.067000002	55.56838608
179	2020-oct-20 19:29:12.394	Sag	V2	0.057	86.15216827	228	2020-nov-20 05:44:25.845	Sag	V1	0.016000001	83.57105255
180	2020-oct-20 19:48:43.650	Sag	V2	0.048	89.19442749	229	2020-nov-23 04:05:37.586	Sag	V2	0.140000001	84.33374786
181	2020-oct-21 10:56:32.195	Sag	V1	0.108999997	84.28325653	230	2020-nov-24 10:46:06.787	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.349000007	67.26641846
182	2020-oct-21 10:57:06.699	Sag	V1	0.108000003	84.33976746	231	2020-nov-24 10:46:50.566	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.141000003	67.16347504
183	2020-oct-21 10:57:49.484	Sag	V1	0.107000001	84.37567139	232	2020-nov-24 10:46:55.717	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.149000004	65.41314697
184	2020-oct-21 14:05:45.195	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.100000001	68.01145172	233	2020-nov-26 21:03:14.899	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.185000002	64.45100403
185	2020-oct-21 18:43:17.460	Sag	V2	0.057999998	78.31572723	234	2020-nov-28 15:35:29.883	Sag	V1	0.328000009	86.18371582
186	2020-oct-28 01:46:18.586	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.125	49.32984543	235	2020-nov-29 15:16:52.454	Sag	V3	0.442000002	77.62769318
187	2020-oct-28 01:51:11.743	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.192000002	35.15499496	236	2020-dic-03 08:40:59.927	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.119000003	27.28444672
188	2020-oct-29 22:38:49.690	Sag	V3	0.116999999	87.94557953	237	2020-dic-03 16:19:20.322	Sag	V3	0.181999996	85.10151672
189	2020-oct-29 22:49:47.896	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.191	19.83924484	238	2020-dic-03 16:19:20.619	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.384999999	29.25650024
190	2020-oct-29 22:49:55.358	Sag	V3	0.182999998	85.47103882	239	2020-dic-17 11:11:08.740	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.134000003	44.15703201
191	2020-oct-29 22:49:55.674	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.349999994	14.93075275	240	2020-dic-19 17:26:11.887	Sag	V2	0.057999998	88.82270813
192	2020-oct-30 20:45:53.107	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.108999997	51.53230286	241	2020-dic-19 17:26:12.654	Sag	V1	0.358999997	82.75706482
193	2020-oct-30 23:53:43.562	Sag	V1	0.100000001	89.41769409	242	2020-dic-19 17:26:18.107	Sag	V1	0.125	81.74422455
194	2020-oct-31 01:36:30.781	Sag	V1	0.075000003	88.28157806	243	2020-dic-19 17:27:42.209	Sag	V2	0.066	88.7073288
195	2020-oct-31 02:28:17.960	Sag	V2	0.059	87.96895599	244	2020-dic-19 17:27:42.924	Sag	V1	0.393000007	82.78716278
196	2020-oct-31 02:28:19.769	Sag	V2	0.574999988	83.81398773	245	2020-dic-19 17:27:48.451	Sag	V2	0.382999986	79.36504364
197	2020-oct-31 02:33:10.479	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.391000003	47.29776764	246	2020-dic-19 17:54:37.913	Sag	V3	0.326000005	76.90381622
198	2020-oct-31 22:55:43.227	Sag	V2	0.066	78.4998703	247	2020-dic-19 17:56:41.043	Sag	V1	0.033	88.62076569
199	2020-nov-02 00:45:40.374	Sag	V1	0.061000001	86.46060181	248	2020-dic-19 19:41:21.676	Sag	V2	0.041999999	87.92234039
200	2020-nov-02 12:45:33.768	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.409000009	33.99994659	249	2020-dic-19 19:41:22.584	Sag	V1	0.509000003	83.34906769
201	2020-nov-02 12:46:59.955	Sag	V3	0.024	89.18864441	250	2020-dic-19 19:41:28.219	Sag	V2	0.381999999	82.89265442
202	2020-nov-03 21:42:00.107	Sag	V1	0.033	89.47872925	251	2020-dic-19 19:42:34.932	Sag	V2	0.800000012	81.26422119
203	2020-nov-03 22:47:18.949	Sag	V3	0.077	75.86952972	252	2020-dic-26 08:05:27.379	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.118000001	28.3073616
204	2020-nov-05 06:24:30.986	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.349999994	35.08045578	253	2020-dic-30 02:45:25.961	Sag	V1	0.082999997	78.9127121
205	2020-nov-05 06:32:23.118	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.360000014	36.90056992	254	2021-ene-01 10:28:42.563	Sag	V1	0.175999999	84.94332123
206	2020-nov-05 19:09:16.574	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.048	67.62725067	255	2021-ene-03 06:48:18.824	Sag	V3	0.025	85.85470581
207	2020-nov-06 14:26:26.468	Sag	V1	0.048999999	89.43180084	256	2021-ene-08 18:10:13.194	Sag	V1	0.016000001	89.65124512
208	2020-nov-06 15:03:55.098	Sag	V3	0.432999998	72.3337326	257	2021-ene-14 05:36:52.894	Sag	V2	0.068000004	89.70565796
209	2020-nov-06 18:33:37.044	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.098999999	39.59729004	258	2021-ene-16 07:13:49.286	Sag	V2	0.157000005	89.68266296
210	2020-nov-07 10:02:53.253	Sag	V1	0.075999998	87.87262726	259	2021-ene-19 09:02:34.499	Sag	V1	0.465999991	83.89640808
211	2020-nov-07 10:02:59.390	Sag	V1	0.093000002	88.1230011	260	2021-ene-20 02:44:13.585	Sag	V3	0.476999998	82.43271637
212	2020-nov-07 17:44:30.630	Sag *Exceeds Tolerance	V1	0.158000007	43.66174698	261	2021-ene-24 13:57:47.109	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.101999998	47.63965225
213	2020-nov-10 17:20:31.964	Sag *Exceeds Tolerance	V3	0.050000001	65.06398773	262	2021-ene-29 01:46:56.040	Sag	V1	0.056000002	85.39146423
214	2020-nov-10 18:42:24.509	Sag	V2	0.365999997	88.92399597	263	2021-ene-30 12:00:37.801	Sag	V2	0.033	87.90039063
215	2020-nov-10 18:42:30.217	Sag	V3	0.165999994	88.07727814	264	2021-feb-03 14:03:57.014	Sag	V2	0.476999998	83.68331146
216	2020-nov-10 19:43:50.269	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.056000002	67.67855072	265	2021-feb-04 09:34:45.998	Sag	V1	0.541999996	82.42753601
217	2020-nov-12 19:14:42.479	Sag	V1	0.026000001	89.37433624	266	2021-feb-04 11:19:25.949	Sag	V3	0.384000003	82.54483032
218	2020-nov-13 05:55:35.373	Sag	V2	0.259000003	83.65731812	267	2021-feb-04 11:19:26.415	Sag	V3	0.075999998	89.85855103
219	2020-nov-15 19:10:39.428	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.101000004	54.1981926	268	2021-feb-04 14:08:25.445	Sag	V2	0.101000004	84.91924286

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 3. Datos de los eventos de Swell tomados por el medidor ION 7650

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
1	2020-dic-08 08:04:21.910	Swell *Exceeds Tolerance	V2	0.126000002	157.1531982
2	2020-dic-19 19:44:28.126	Swell	V3	0.215000004	110.236908
3	2020-dic-19 19:44:33.687	Swell	V3	0.275000006	110.137825

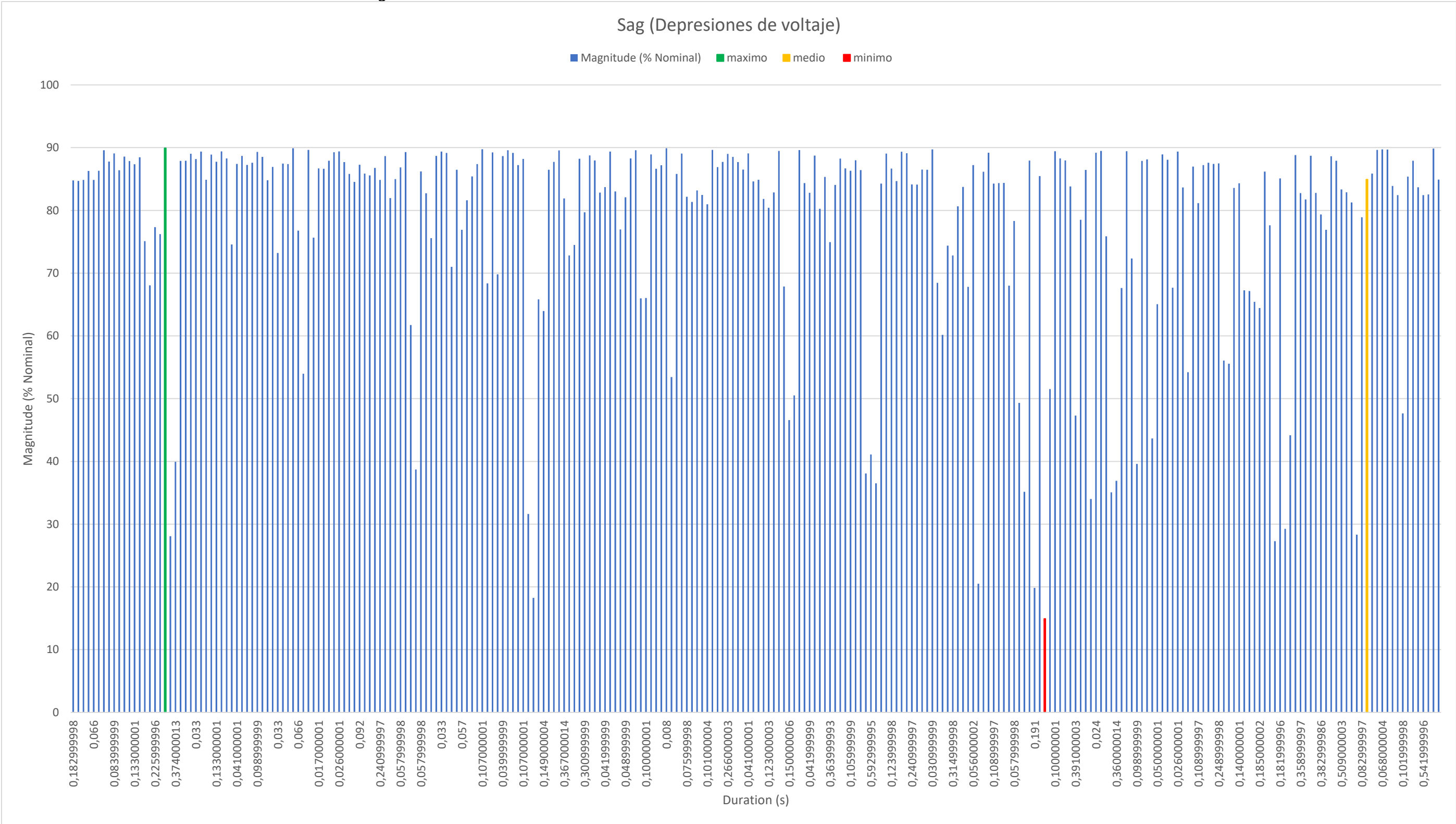
Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 4. Datos de los eventos de interrupciones tomados por el medidor ION 7650

N°	Marca de tiempo	Tipo Fenómeno	Fase	Duración (s)	Magnitud (% Nominal)
1	2020-dic-19 17:54:36.129	Sag *Exceeds Tolerance	V2	0.935000002	8.734932899

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 6. Valores estadísticos de los eventos de Sag



Fuente: Autor

Anexo 7. Archivo PSM de consignas de tipo nacional de CENS S.A. E.S.P

PSM 2020 CENS WPT Inicial V4.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Confidencialidad Enviar a MindManager

B29 C0183124

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
		CONSIGNA	FECHA DE INICIO	HORA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACION	HORA DE FINALIZACION	MES	ACTIVO/EQUIPO SOLICITADO	SUBESTACION	ACTIVIDAD PLANEADA	REPLANTEAMIENTO DE LA ACCION (EN CASO DE INCUMPLIMIENTO)	AREA	RESPONSABLE	ENCARGADO	JEFE DE CONSIGNA	JEFE DE TRABAJO	ESTADO OPERATIVO	NIVEL DE RIESGO	OBSE
20		C0182997	jueves 3 de diciembre de 2020	7:00	jueves 3 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE TRANSFORMACION 115/34.5 KV (IT442)	TIBU	REPOSICION SECCIONADOR Y TC ₂ DE LA BAHÍA DE TRAF0 115KV TIB442	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
21		C0183120	jueves 3 de diciembre de 2020	7:00	lunes 7 de diciembre de 2020	22:00	DIC	BAHIA DE TRAF0 30/40/47 MVA 115/34.5 KV INTERRUPTORES IA520 - IA620 (BT TR-06)	BELEN	CONSIGNA CON RD SEGÚN ACTIVIDADES EN IA520 Y IA420	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		CONSIGNA CON RIESGO DE DISPARO	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
22			sábado 5 de diciembre de 2020	7:00	lunes 7 de diciembre de 2020	22:00	DIC	BAHIA DE LINEA BELEN SEVILLA 2 INTERRUPTORES IA420 - IA520	BELEN	REPOSICION TABLERO DE CONTROL Y PROTECCIÓN ANILLO 115KV SUBESTACIÓN BELEN	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
23		C0183117	martes 8 de diciembre de 2020	7:00	sábado 12 de diciembre de 2020	22:00	DIC	BAHIA DE LINEA BELEN SEVILLA 1	BELEN	CONSIGNA CON RD SEGÚN ACTIVIDADES EN IA520 Y IA620	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		CONSIGNA CON RIESGO DE DISPARO	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
24			jueves 10 de diciembre de 2020	7:00	sábado 12 de diciembre de 2020	22:00	DIC	BAHIA DE TRAF0 30/40/47 MVA 115/34.5 KV INTERRUPTORES IA520 - IA620 (BT TR-06)	BELEN	REPOSICION TABLERO DE CONTROL Y PROTECCIÓN ANILLO 115KV SUBESTACIÓN BELEN	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
25		C0178303	domingo 13 de diciembre de 2020	7:00	lunes 14 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE TRAF0 30/40 MVA 115/13.8KV INTERRUPTORES IA120 - IA720 (BT TR-05)	BELEN	CAMBIO DE INTERRUPTOR 120 EN EL ANILLO DE 115 KV	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
26		C0183116	domingo 13 de diciembre de 2020	7:00	jueves 17 de diciembre de 2020	22:00	DIC	BAHIA DE TRAF0 30/40 MVA 115/13.8KV INTERRUPTORES IA120 - IA720 (BT TR-05)	BELEN	CONSIGNA CON RD SEGÚN ACTIVIDADES EN IA620 Y IA120	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		CONSIGNA CON RIESGO DE DISPARO	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
27			martes 15 de diciembre de 2020	7:00	jueves 17 de diciembre de 2020	22:00	DIC	BAHIA DE LINEA BELEN SEVILLA 1 INTERRUPTORES IA620 - IA120 (BL SEVILLA 1)	BELEN	REPOSICION TABLERO DE CONTROL Y PROTECCIÓN ANILLO 115KV	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
28		C0178418	miércoles 16 de diciembre de 2020	7:00	miércoles 16 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE TRANSFORMACION 115/34.5 KV (IT442)	TIBU	REPOSICION INTERRUPTOR IT442 DE LA BAHÍA DE TRAF0 115/34.5 KV	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
29	de forma continua y con RD toda la barra	C0183124	sábado 19 de diciembre de 2020	7:00	domingo 20 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE LINEA SAN MATEO INSULA (IL15)	SAN MATEO	REPOSICION TABLERO DE CONTROL, MEDIDA Y PROTECCIÓN BAHÍA IL15	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
30				sábado 19 de diciembre de 2020	7:00	domingo 20 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE LINEA SAN MATEO INSULA (IL15)	SAN MATEO	REPOSICION SECCIONADORES BAHÍA IL15	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO
31	RD bahía de 115 kv. El anillo 115 kv estara cerrado	C0184534	sábado 19 de diciembre de 2020	6:00	domingo 20 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE TRAF0 30/40/47 MVA 115/34.5 KV TR-06 INTERRUPTORES IA520 - IA620	BELEN	REPOSICION TABLERO DE DEL CONTROL, MEDIDA Y PROTECCION EN 34.5KV	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
32		C0183130	martes 1 de diciembre de 2020	7:00	martes 1 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE LINEA BELEN INSULA 115 KV INTERRUPTORES IA320 - IA920	BELEN	PRUEBAS FUNCIONALES VER. ENCLAVAMIENTOS Y DISPAROS IA320 - IA920	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	
33		C0183133	miércoles 2 de diciembre de 2020	7:00	miércoles 2 de diciembre de 2020	17:30	DIC	BAHIA DE COMPENSACION 1 INTERRUPTORES IA320 - IA220	BELEN	PRUEBAS FUNCIONALES VER. ENCLAVAMIENTOS Y DISPAROS IA320 - IA220	NA	SSL	EDUAR ALBERTO ACEVEDO	EDUARDO MORANTES ZUÑIGA	CESAR ORTEGON		DESENERGIZADA Y CONECTADA A TIERRA EN LOS EXTREMOS	NIVEL V - APERTURA TOTAL DEL ELEMENTO	

Hoja1 Hoja2

Modo Filtrar

50%

2:04 p. m. 28/05/2021

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 8. Archivo consignas de tipo local de CENS S.A. E.S.P.

12-CONSIGNACIONES A COMPROBAR.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer? Compartir

Calibri 8 Ajustar texto Personalizada Formato Dar formato Estilos de Insertar Eliminar Formato Ordenar y Buscar y filtrar seleccionar

D656 19/12/2020 10:00:00 a. m.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	CONSIGNA N°	TIPC	ESTADO	FECHA INICIO	FECHA FINAL	TRABAJO A REALIZAR	AREA DE INFLUENCIA	PUBLIC. WEP	TRAFIC	N° EMPRESAS	USUARIOS				
102	CL_031220_008770	T	APROBADA	3/12/2020 8:00	3/12/2020 17:00	DESMANTELAR RED DE BAJA TENSION EXISTENTE	CALLE 7 AVENIDA 19A BARRIO 28 DE FEBRERO	S	1T01660	6584	95	97			
103	CL_031220_008807	T	APROBADA	3/12/2020 8:00	3/12/2020 12:00	CONECTAR NUEVOS TRANSFORMADORES	AHS VILLA DE DIOS	N	5T02894	#N/D	N/A	#N/D			
108	CL_031220_008806	T	APROBADA	3/12/2020 8:00	3/12/2020 17:00	REMODELAR RED DE BAJA TENSION	KDX 49 CARMEN DE TONCHALA	S	1T01982	16714	34	44			
109	CL_031220_008762	T	APROBADA	3/12/2020 8:00	3/12/2020 17:00	REMODELAR RED DE BAJA TENSION	CALLE 7A AVENIDA 21 BARRIO 28 DE FEBRERO	S	1T00590	4356	84	88			
110	CL_031220_008772	T	APROBADA	3/12/2020 8:30	3/12/2020 16:30	REMODELAR RED DE MEDIA TENSION, TRASLADAR TRANSFORMADOR. DESHINCAR POSTES DE 12 METROS	CALLE 29 AVENIDA 85 BUENOS AIRES, CALLE 28 AVENIDA 7A MOTILONES, CALLE 29 AVENIDA 9 LA HERMITA, AVENIDA 10A CALLE 31 COLOMBIA 1	S	1T00996	11400	120	124			
116	CL_031220_008853	T	APROBADA	3/12/2020 8:30	3/12/2020 16:30	TENDER RED DE MEDIA TENSION Y VESTIR ESTRUCTURAS	KDX 6 VEREDA GUAMITO, HACIENDA EL GUAITO, VEREDA BORRIQUEROS	S	1T03260	10283	22	25			
119	CL_031220_008950	T	APROBADA	3/12/2020 9:30	3/12/2020 17:00	HINCAR POSTES	VEREDA LA COLORADA, VEREDA PEDREGALES SECTOR CHANE	S	1T03445	20269	6	6			
123	CL_031220_008957	T	APROBADA	3/12/2020 9:15	3/12/2020 17:10	HINCAR POSTE DE 8 Y 12 METROS	EL BAHO SARDINATA	S	1T08026	15367	7	8			
607	CL_191220_009273	T	APROBADA	19/12/2020 16:00:00 p. m.	19/12/2020 17:00:00 p. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	CAMPANARIO, URBANIZACIÓN ISABEL CELIS YAÑEZ - ABREGO	S	3T00891	3T00891	0	0			
609	CL_191220_009290	T	APROBADA	19/12/2020 08:00:00 a. m.	19/12/2020 14:00:00 p. m.	CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y POTENCIAL	FINCA LA SOLITA	S	1T06844	17701P	1	1			
610	CL_191220_009068	A	APROBADA	19/12/2020 8:30	19/12/2020 16:30	REMODELACION DE MI DE P1 A P12 DEL 1T01017 Y DE P17 A P27, TRASLADO DE RED EXISTENTE EN ESTOS PUNTOS ENTRE 811 Y 812 VESTIDA Y	USUARIOS DE COCOTA: MOTILONES, OSPINA PEREZ, CAMILO DAZA, LA HERMITA, BUENOS AIRES, MOTILONES, COLOMBIA 1, OSPINA PEREZ	S	N/A	#N/D	N/A	#N/D			
611	CL_191220_009202	T	APROBADA	19/12/2020 07:00:00 a. m.	19/12/2020 08:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	CARRERA 12 CALLE 7 Y 8, ALCALDÍA MUNICIPAL, AGUACHICA	S	5T00264	2582	103	115			
613	CL_191220_009203	T	APROBADA	19/12/2020 08:00:00 a. m.	19/12/2020 09:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	CARRERA 10 9-38, CALLE 12 7-48 - AGUACHICA	S	5T01146	13468	80	83			
615	CL_191220_009212	T	APROBADA	19/12/2020 07:00:00 a. m.	19/12/2020 08:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	CARRERA 15 CALLE 17 Y 18, FINCA ACEITALES VEREDA AGUAS CLARAS	S	5T01780	18083	7	7			
617	CL_191220_009213	T	APROBADA	19/12/2020 08:00:00 a. m.	19/12/2020 09:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	FINCA DULCE VEREDA AGUAS CLARAS, FINCA EL PARAISO VÍA GUADUAS	S	5T00510	169157	1	1			
619	CL_191220_009214	T	APROBADA	19/12/2020 09:00:00 a. m.	19/12/2020 10:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	FINCA BUTURAMA VEREDA AGUAS CLARAS	S	5T00369	5T00369	1	1			
621	CL_191220_009215	T	APROBADA	19/12/2020 10:00:00 a. m.	19/12/2020 11:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	CRUCE AGUAS CLARAS	S	5T00372	8857224	N/A	0			
623	CL_191220_009206	T	APROBADA	19/12/2020 11:00:00 a. m.	19/12/2020 12:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	CARRERA 3 CALLE 4-4A, CARRERA 7 VÍA LA SIDERURGICA	S	5T00288	1481	121	127			
625	CL_191220_009216	T	APROBADA	19/12/2020 11:00:00 a. m.	19/12/2020 12:00:00 a. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	CRUCE AGUAS CLARAS, BASCULA SAN ROQUE	S	5T00375	12773	3	3			
627	CL_191220_009217	T	APROBADA	19/12/2020 13:00:00 p. m.	19/12/2020 14:00:00 p. m.	TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE TRANSFORMADOR	FINCA LA FLORESTA VARIANTE VILLA, MONTE VEREDE II	S	5T00518	5T00518	1	2			
628						TOMA DE MUESTRA DE PCB'S Y ETIQUETADO DE									

COMPROBAR Hoja1 A WEB WinTrafo

Modo Filtrar

Escribe aquí para buscar

2:06 p. m. 28/05/2021

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 9. Archivo informe operativo de CENS para diciembre de 2020

INFOOPERATIVO 31 DICIEMBRE 2020.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Confidencialidad Enviar a MindManager

B1659 INSIL70

CENTRALES ELÉCTICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A.
INFORME OPERATIVO DIARIO

REGISTRO DE INTERRUPCIONES DE SERVICIO

	CIRCUITO	CIRCUITO - LINEA	TIEMPO EN DD/MM/AA HH-MM-SS		CLASIFICACIÓN	PENALIZACIÓN	SAIFI	SAIDI (N)	USUARIOS AFECTADOS	DNA (MW)	CAUSA/MOTIVO/OBSERVACION	
1402	ESCC62	El Escobal celda 62	19/12/2020 18:10:00	19/12/2020 19:11:07	1:01:07	6FL08.	SI	0,00634539	0,00646349	3382	2,4446666666	APERTURA POR RAMA SOBRE LA RED DE MT EN LA DIRECCION CLL 25 6-96 BARRIO BOGOTA DEMORAS PORQUE SE INCOMUNIC ESCC62 LLEGA EL TOMS WILLIAM PABON A LA SUBESTACION Y ENCUENTRA QUE LAS BATERIAS ESTAN EN FALLA.PASA LAS B ESCC63 A LA ESCC62 Y SE HACE PRUEBA Y CONECTA NORMAL ACTUA PROTECCION EQUIPO SIN COMUNICACION SALE CON
1659	INSIL70	Línea Llegada San Mateo - Insula	19/12/2020 07:01:10	19/12/2020 16:24:00	9:22:50	4PS05.	NO	0	0	0	0	CL_008307 REPOCION DE SECCIONADORES IL14-IL13-IL16 EN LA SUBESTACION SAN MATEO
8633	SANC42	Principal Modulo II	19/12/2020 19:42:50	19/12/2020 19:43:59	0:01:09	6FD02.	NO	0	0	7339	0,1495	FALLA POR COORDINACION DE PROTECCIONES POR APERTURA DE LA CELDA SANC53 ACTUA PROTECCION SOBRECORRIENTE
8662	SANC46	San Mateo celda 46	19/12/2020 19:42:50	19/12/2020 19:45:18	0:02:28	6FD02.	NO	0	0	2506	0,0698888889	AUSENCIA DE TENSION POR APERTURA DE SANC42 SALE CON 1.7 MW
8674	SANC49	San Mateo celda 49	19/12/2020 19:42:50	19/12/2020 19:45:20	0:02:30	6FD02.	NO	0	0	2764	0,0625	AUSENCIA DE TENSION POR APERTURA DE SANC42 SALE CON 1.5 MW
8688	SANC52	San Mateo celda 52	09/12/2020 08:06:55	09/12/2020 08:14:20	0:07:25	6FD01.	SI	0,00823851	0,00101837	4391	0,3461111111	M-91 OMAR LOPEZ EJECUTANDO MANIOBRAS DE LA CONSIGNA 009066 ABRE LA CUCHILLA DE INTERRUPTOR DE ENLACE CA
8696	SANC53	San Mateo celda 53	19/12/2020 17:26:40	19/12/2020 19:05:43	1:39:03	6FL05.	SI	0,01785416	0,02947424	9516	2,8064166667	APERTURA POR PUENTE FLOJO UNA ESTRUCTURA DESPUES DEL PORTICO DE SALIDA DE LA SUBESTACION FALLA OCASIONA
8697	SANC53	San Mateo celda 53	19/12/2020 19:41:20	19/12/2020 22:35:14	2:53:54	6FL05.	SI	0,01785416	0,05174731	9516	4,3475	APERTURA POR PUENTE FLOJO UNA ESTRUCTURA DESPUES DEL PORTICO DE SALIDA DE LA SUBESTACION FALLA OCASIONA
8704	SANC54	San Mateo celda 54	19/12/2020 18:27:57	19/12/2020 18:28:39	0:00:42	6FL03.	NO	0	0	4902	0,0501666667	APERTURA CAUSA DESCONOCIDA ACTUA PROTECCION SOBRECORRIENTE FASE A 6740 AMP FASE B 8940 AMP SALE CON
8705	SANC54	San Mateo celda 54	19/12/2020 19:42:50	19/12/2020 19:44:55	0:02:05	6FD02.	NO	0	0	4902	0,1537222222	AUSENCIA DE TENSION POR APERTURA DE SANC42 SALE CON 4.6 MW
8753	SANC59	San Mateo celda 59	09/12/2020 08:06:55	09/12/2020 08:12:20	0:05:25	6FD01.	SI	0,01023669	0,00092415	5456	0,0902777778	AUSENCIA DE TENSION POR APERTURA DEL CIRCUITO SANC52
8760	SANIL15	Salida Línea San Mateo - Insula	19/12/2020 07:01:10	19/12/2020 16:24:00	9:22:50	4PS05.	NO	0	0	0	0	CL_008307 REPOCION DE SECCIONADORES IL14-IL13-IL16 EN LA SUBESTACION SAN MATEO
8768	SANOL15	San Mateo Línea 2	03/12/2020 16:19:23	03/12/2020 16:19:52	0:00:29	5FL03.	NO	0	0	581	0,0459166666	FALLA CAUSA DESCONOCIDA ACTUA PROTECCION SOBRECORRIENTE FASE ABN REGISTRANDO CORRIENTES DE FALLA 3462-28
8769	SANOL15	San Mateo Línea 2	19/12/2020 12:47:48	19/12/2020 12:48:45	0:00:57	5FL03.	NO	0	0	581	0,1013333332	APERTURA CAUSA DESCONOCIDA ACTUA PROTECCION SOBRECORRIENTE FASE C 1026 AMP N 942 AMP SALE CON 6.4 M
8770	SANOL15	San Mateo Línea 2	19/12/2020 17:54:40	19/12/2020 17:56:45	0:02:05	5FL03.	NO	0	0	581	0,125	APERTURA CAUSA DESCONOCIDA ACTUA PROTECCION SOBRECORRIENTE FASE A 4051 AMP FASE B 3961 AMP FASE C 3947 AMP
8774	SANOL25	San Mateo Línea Cementos	03/12/2020 08:41:04	03/12/2020 08:55:40	0:14:36	7FL09.	NO	0	0	1	1,1923333334	APERTURA CAUSA DESCONOCIDA SE REPORTA LEONARDO SEPULVEDA DE CEMEX Y AUTORIZA QUE SE HAGA UNA PRUEBA SI
8776	SANOL25	San Mateo Línea Cementos	19/12/2020 12:47:48	19/12/2020 12:51:13	0:03:25	7FL09.	NO	0	0	1	0,2790277777	APERTURA CAUSA DESCONOCIDA HASTA QUE NO SE PUDO CONTACTAR EL PERSONAL ENCARGADO EL SENOR LEONARDO SEP

ACTIVOS_CONSIGNADOS **REGISTRO_INTERRUPCIONES** INTERRUPCIÓN DE ARRANQUES INTERRUPCION DE TRAFOS Fallas en subestaciones Fallas en distribucion DEM_MA: ...

Modo Filtrar

60%

2:09 p. m. 28/05/2021

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 10. Archivo consumo de teledemida de los usuarios solicitados por subestación

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	Descripción	Customer	Hora	Interval	Tipo de Consum	1/12/20	2/12/20	3/12/20	4/12/20	5/12/20	6/12/20	7/12/20	8/12/20	9/12/20	10/12/20	11/12/20	12/12/20	13/12/20	14/12/20	15/12/20	16/12/20	17/12/20	18/12/20
1																							
2	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:45	kWhD	1219,2	1212	1237,2	1232,4	1249,2	1298,4	406,8	801,6	771,6	802,8	1233,6	1246,8	1197,6	445,2	914,4	1201,2	1208,4	1216
3	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:45	kVarhD	424,8	434,4	444	444	451,2	504	255,6	166,8	451,2	30	302,4	324	282	165,6	391,2	420	424,8	430
4	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:30	kWhD	1234,8	1210,8	1236	1230	1249,2	1294,8	414	796,8	776,4	796,8	1234,8	1236	1182	338,4	1180,8	1192,8	1204,8	121
5	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:30	kVarhD	428,4	430,8	444	441,6	450	501,6	260,4	166,8	456	26,4	304,8	312	274,8	0	433,2	418,8	426	424
6	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:15	kWhD	1234,8	1188	1232,4	1215,6	1248	1287,6	414	826,8	812,4	806,4	1237,2	1053,6	1177,2	343,2	1176	1195,2	1206	1208
7	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:15	kVarhD	428,4	417,6	441,6	429,6	447,6	492	253,2	206,4	498	30	314,4	280,8	273,6	0	434,4	422,4	428,4	421
8	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:00	kWhD	1249,2	1189,2	1237,2	1219,2	1242	1274,4	408	837,6	824,4	813,6	1230	822	1173,6	333,6	1171,2	1198,8	1212	1210
9	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	0	0:00	kVarhD	451,2	399,6	452,4	429,6	444	483,6	250,8	212,4	507,6	36	322,8	252	290,4	0	433,2	430,8	429,6	42
10	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:45	kWhD	1232,4	1218	1256,4	1226,4	1256,4	1299,6	840	1231,2	828	1221,6	1218	1243,2	1201,2	750	1212	1215,6	1213,2	1198
11	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:45	kVarhD	434,4	444	458,4	440,4	453,6	502,8	502,8	429,6	505,2	291,6	302,4	330	291,6	454,8	462	435,6	433,2	433
12	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:30	kWhD	1237,2	1218	1250,4	1230	1256,4	1273,2	603,6	1198,8	832,8	1224	1226,4	1244,4	1200	751,2	1186,8	1213,2	1213,2	1216
13	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:30	kVarhD	436,8	444	452,4	444	454,8	504	363,6	408	504	289,2	304,8	331,2	286,8	452,4	435,6	434,4	432	436
14	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:15	kWhD	1222,8	1220,4	1237,2	1227,6	1252,8	1300,8	396	824,4	789,6	1172,4	1220,4	1240,8	1208,4	625,2	1185,6	1210,8	1215,6	121
15	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:15	kVarhD	422,4	444	441,6	444	452,4	511,2	255,6	174	468	258	297,6	330	290,4	381,6	434,4	426	433,2	433
16	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:00	kWhD	1200	1212	1237,2	1228,8	1251,6	1300,8	411,6	808,8	777,6	816	1226,4	1244,4	1152	381,6	949,2	1207,2	1208,4	1215
17	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	1	1:00	kVarhD	400,8	435,6	440,4	442,8	451,2	511,2	256,8	174	452,4	34,8	298,8	330	278,4	238,8	391,2	421,2	427,2	43
18	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:45	kWhD	1239,6	1230	1242	1230	1214,4	1291,2	823,2	1272	781,2	1213,2	1218	1244,4	900	745,2	1236	1210,8	1216,8	718
19	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:45	kVarhD	444	445,2	456	447,6	416,4	501,6	499,2	472,8	469,2	274,8	301,2	336	235,2	450	482,4	435,6	433,2	164
20	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:30	kWhD	1237,2	1230	1243,2	1214,4	1213,2	1285,2	832,8	1260	789,6	1214,4	1215,6	1242	1164	748,8	1238,4	1214,4	1215,6	787
21	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:30	kVarhD	440,4	446,4	452,4	435,6	412,8	496,8	500,4	469,2	470,4	276	300	333,6	258	454,8	483,6	436,8	432	172
22	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:15	kWhD	1232,4	1228,8	1243,2	1222,8	1245,6	1290	822	1267,2	817,2	1213,2	1218	1238,4	1162,8	748,8	1239,6	1208,4	1214,4	78
23	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:15	kVarhD	439,2	447,6	457,2	441,6	442,8	498	499,2	471,6	494,4	274,8	302,4	326,4	258	457,2	486	433,2	433,2	172
24	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:00	kWhD	1232,4	1224	1246,8	1220,4	1257,6	1303,2	844,8	1264,8	813,6	1215,6	1218	1238,4	1200	750	1237,2	1213,2	1212	871
25	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	2	2:00	kVarhD	435,6	446,4	456	444	451,2	501,6	504	463,2	502,8	288	301,2	326,4	288	454,8	484,8	435,6	432	21
26	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:45	kWhD	1240,8	1225,2	1231,2	1106,4	1256,4	1244,4	834	1237,2	814,8	1207,2	1219,2	1236	796,8	748,8	1227,6	1207,2	1220,4	36
27	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:45	kVarhD	441,6	446,4	451,2	432	458,4	471,6	501,6	442,8	500,4	270	302,4	318	231,6	446,4	465,6	435,6	423,6	111
28	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:30	kWhD	1242	1227,6	1238,4	1230	1252,8	1255,2	831,6	1268,4	814,8	1206	1221,6	1249,2	793,2	746,4	1231,2	1203,6	1219,2	369
29	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:30	kVarhD	442,8	441,6	456	442,8	451,2	480	500,4	468	498	270	303,6	328,8	228	446,4	470,4	433,2	429,6	118
30	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:15	kWhD	1244,4	1232,4	1248	1226,4	1254	1258,8	835,2	1266	816	1207,2	1224	1245,6	798	734,4	1224	1209,6	1219,2	373
31	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:15	kVarhD	442,8	444	462	445,2	448,8	482,4	501,6	465,6	499,2	270	304,8	325,2	231,6	440,4	469,2	435,6	428,4	11
32	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:00	kWhD	1242	1230	1244,4	1234,8	1243,2	1258,8	834	1272	792	1207,2	1222,8	1242	795,6	744	1228,8	1208,4	1214,4	375
33	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	3	3:00	kVarhD	445,2	446,4	458,4	446,4	442,8	483,6	504	471,6	480	270	303,6	325,2	230,4	450	482,4	434,4	427,2	11
34	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:45	kWhD	1233,6	1232,4	1236	1244,4	1243,2	1240,8	848,4	1261,2	817,2	1204,8	1214,4	1227,6	795,6	738	1182	1207,2	1220,4	370
35	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:45	kVarhD	432	446,4	451,2	441,6	457,2	451,2	506,4	466,8	496,8	272,4	297,6	308,4	229,2	452,4	421,2	427,2	417,6	115
36	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:30	kWhD	1234,8	1227,6	1220,4	1246,8	1242	1248	829,2	1246,8	818,4	1207,2	1214,4	1227,6	798	741,6	1178,4	1207,2	1216,8	368
37	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:30	kVarhD	434,4	448,8	446,4	444	454,8	459,6	501,6	460,8	498	272,4	298,8	308,4	231,6	450	418,8	429,6	421,2	11
38	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:15	kWhD	1236	1228,8	1221,6	958,8	1242	1248	835,2	1222,8	816	1203,6	1219,2	1232,4	800,4	746,4	1178,4	1207,2	1221,6	367
39	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:15	kVarhD	434,4	446,4	444	411,6	454,8	458,4	501,6	432	498	268,8	302,4	312	232,8	446,4	420	428,4	426	112
40	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:00	kWhD	1237,2	1226,4	1232,4	879,6	1244,4	1243,2	828	1218	807,6	1204,8	1213,2	1231,2	800,4	747,6	1218	1208,4	1224	368
41	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	4	4:00	kVarhD	440,4	447,6	450	405,6	452,4	457,2	502,8	420	498	268,8	301,2	312	232,8	447,6	459,6	433,2	427,2	111
42	CEMENTOS DIAMANTE S.A.	FRT10370	5	5:45	kWhD	1214,4	1228,8	1234,8	1239,6	1239,6	1246,8	790,8	1180,8	762	1206	1208,4	1238,4	795,6	739,2	1168,8	1084,8	799,2	358

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 11. Archivo CEL_Semana_53_SANOT15 según la CREG 016 2007

CEL_Semana_53_SANOT15.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Confidencialidad Enviar a MindManager

A1 dd/mm/aaaa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
	dd/mm/aaaa	hh:mm	NI	DI	NDET	DDET	Pst_R	Pst_S	Pst_T	V2/V1	V2/V1 (%)	dd/mm/aaaa	i	EXP Pst_R	EXP Pst_S	EXP Pst_T	SUMA i=12 R	SUMA i=12 S	SUMA i=12 T	Pit_R	Pit_S
1	28/12/2020	0:00	0	0	0	0	0,19	0,17	0,17	0,0053	0,53	28/12/2020	1	0,006859	0,004913	0,004913	0,00133575	0,0014685	0,001034167	0,110130699	0,113664449
2	28/12/2020	0:10	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,0059	0,59	28/12/2020	2	0,000125	0,000125	0,000125	0,00164625	0,000729167	0,000706	0,118076987	0,090006858
3	28/12/2020	0:20	0	0	0	0	0,12	0,11	0,1	0,0053	0,53	28/12/2020	3	0,001728	0,001331	0,001	0,00099225	0,000889083	0,000887333	0,099740996	0,096156982
4	28/12/2020	0:30	0	0	0	0	0,1	0,1	0,08	0,0059	0,59	28/12/2020	4	0,001	0,001	0,000512	0,000927083	0,000808417	0,00081725	0,097507852	0,093156197
5	28/12/2020	0:40	0	0	0	0	0,07	0,08	0,06	0,006	0,6	28/12/2020	5	0,000343	0,000512	0,000216	0,000354	0,00040825	0,000468917	0,07074044	0,074183741
6	28/12/2020	0:50	0	0	0	0	0,06	0,07	0,07	0,0051	0,51	28/12/2020	6	0,000216	0,000343	0,000343	0,000685	0,000570917	0,000699083	0,088151598	0,082957866
7	28/12/2020	1:00	0	0	0	0	0,12	0,13	0,11	0,0057	0,57	28/12/2020	7	0,001728	0,002197	0,001331	0,000290083	0,0002795	0,000283	0,066197399	0,065382362
8	28/12/2020	1:10	0	0	0	0	0,09	0,1	0,08	0,0056	0,56	28/12/2020	8	0,000729	0,001	0,000512	0,000258333	0,000268917	0,000258333	0,063688372	0,064546481
9	28/12/2020	1:20	0	0	0	0	0,09	0,1	0,1	0,0056	0,56	28/12/2020	9	0,000729	0,001	0,001	0,002104833	0,00174025	0,001577583	0,128156087	0,120282897
10	28/12/2020	1:30	0	0	0	0	0,09	0,09	0,09	0,0048	0,48	28/12/2020	10	0,000729	0,000729	0,000729	0,000465417	0,000438833	0,000404167	0,077496242	0,075991766
11	28/12/2020	1:40	0	0	0	0	0,08	0,14	0,09	0,0047	0,47	28/12/2020	11	0,000512	0,002744	0,000729	0,000538083	0,000556167	0,000501917	0,081336069	0,082372701
12	28/12/2020	1:50	0	0	0	0	0,11	0,12	0,1	0,0047	0,47	28/12/2020	12	0,001331	0,001728	0,001	0,00622075	0,000606333	0,000665417	0,183913771	0,084638992
13	28/12/2020	2:00	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0,0051	0,51	29/12/2020	1	0,000343	0,000343	0,000343	0,000516	0,000534083	0,000501917	0,080207793	0,081134023
14	28/12/2020	2:10	0	0	0	0	0,09	0,09	0,09	0,0053	0,53	29/12/2020	2	0,000729	0,000729	0,000729	0,00038875	0,000428417	0,000527917	0,072983295	0,075385668
15	28/12/2020	2:20	0	0	0	0	0,09	0,09	0,09	0,0052	0,52	29/12/2020	3	0,000729	0,000729	0,000729	0,000459667	0,00047775	0,00047775	0,077175776	0,078174822
16	28/12/2020	2:30	0	0	0	0	0,1	0,1	0,09	0,0044	0,44	29/12/2020	4	0,001	0,001	0,000729	0,0007405	0,000818667	0,0007405	0,090470784	0,093548258
17	28/12/2020	2:40	0	0	0	0	0,06	0,06	0,06	0,005	0,5	29/12/2020	5	0,000216	0,000216	0,000216	0,000514417	0,0005325	0,000501917	0,080125671	0,081053767
18	28/12/2020	2:50	0	0	0	0	0,06	0,06	0,06	0,0052	0,52	29/12/2020	6	0,000216	0,000216	0,000216	0,102742333	0,085266833	0,089389667	0,468363607	0,440142573
19	28/12/2020	3:00	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,0046	0,46	29/12/2020	7	0,001	0,001	0,001	0,00039625	0,000428417	0,00039975	0,073449655	0,075385668
20	28/12/2020	3:10	0	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0,0045	0,45	29/12/2020	8	0,000512	0,000512	0,000512	0,0002795	0,000271917	0,000261333	0,065382362	0,064785618
21	28/12/2020	3:20	0	0	0	0	0,08	0,07	0,07	0,0053	0,53	29/12/2020	9	0,000512	0,000343	0,000343	0,0003895	0,000361917	0,00032525	0,0730302	0,07126389
22	28/12/2020	3:30	0	0	0	0	0,1	0,1	0,09	0,0047	0,47	29/12/2020	10	0,001	0,001	0,000729	0,00061675	0,000670083	0,000599417	0,085120935	0,087507029
23	28/12/2020	3:40	0	0	0	0	0,11	0,11	0,09	0,0052	0,52	29/12/2020	11	0,001331	0,001331	0,000729	0,001871583	0,001964583	0,001779417	0,123235658	0,125243968
24	28/12/2020	3:50	0	0	0	0	0,23	0,11	0,13	0,0053	0,53	29/12/2020	12	0,012167	0,001331	0,002197	0,000463667	0,00047775	0,000445583	0,07739899	0,078174822
25	28/12/2020	4:00	0	0	0	0	0,1	0,1	0,09	0,0046	0,46	30/12/2020	1	0,001	0,001	0,000729	0,0007145	0,00106125	0,000887833	0,089399292	0,102001346
26	28/12/2020	4:10	0	0	0	0	0,09	0,09	0,1	0,0052	0,52	30/12/2020	2	0,000729	0,000729	0,001	2,861354	0,067523417	0,057830333	1,419680216	0,40720972
27	28/12/2020	4:20	0	0	0	0	0,11	0,11	0,09	0,0046	0,46	30/12/2020	3	0,001331	0,001331	0,000729	0,000325333	0,00035	0,000364083	0,068776941	0,070472987
28	28/12/2020	4:30	0	0	0	0	0,1	0,09	0,09	0,0049	0,49	30/12/2020	4	0,001	0,000729	0,000729	0,000647583	0,000615667	0,00062975	0,086516423	0,085071067
29	28/12/2020	4:40	0	0	0	0	0,14	0,13	0,14	0,0041	0,41	30/12/2020	5	0,002744	0,002197	0,002744	0,000188667	0,000188667	0,00019325	0,057354178	0,057354178
30	28/12/2020	4:50	0	0	0	0	0,14	0,13	0,14	0,0041	0,41	30/12/2020	6	0,002744	0,002197	0,002744	0,000369583	0,000275833	0,000604667	0,071763585	0,065095193
31	28/12/2020	5:00	0	0	0	0	0,09	0,09	0,08	0,0032	0,32	30/12/2020	7	0,000729	0,000729	0,000512	0,000306417	0,000758333	0,000677167	0,067417213	0,091191295
32	28/12/2020	5:10	0	0	0	0	0,08	0,07	0,06	0,0024	0,24	30/12/2020	8	0,000512	0,000343	0,000216	0,00074825	0,000680167	0,000768417	0,090785309	0,087943777
33	28/12/2020	5:20	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0,0029	0,29	30/12/2020	9	0,000343	0,000343	0,000343	0,000815667	0,000735083	0,000704583	0,093433849	0,09024965
34	28/12/2020	5:30	0	0	0	0	0,06	0,06	0,07	0,0029	0,29	30/12/2020	10	0,000216	0,000216	0,000343	0,000796417	0,000726417	0,000627583	0,092692966	0,089893564
35	28/12/2020	5:40	0	0	0	0	0,06	0,08	0,06	0,003	0,3	30/12/2020	11	0,000216	0,000512	0,000216	0,000455667	0,000416917	0,000445583	0,076951263	0,074705014
36	28/12/2020	5:50	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0,0029	0,29	30/12/2020	12	0,000343	0,000343	0,000343	0,0004315	0,000399333	0,000417417	0,075566087	0,073639674
37	28/12/2020	6:00	0	0	0	0	0,07	0,07	0,06	0,0028	0,28	31/12/2020	1	0,000343	0,000343	0,000216	0,000753	0,000673833	0,000767083	0,09097701	0,087669964
38	28/12/2020	6:10	0	0	0	0	0,06	0,06	0,06	0,0027	0,27	31/12/2020	2	0,000216	0,000216	0,000216	0,000558083	0,00047375	0,000528	0,082331561	0,077956035
39	28/12/2020	6:20	0	0	0	0	0,06	0,07	0,06	0,002	0,2	31/12/2020	3	0,000216	0,000343	0,000216	0,000420917	0,000364083	0,000413417	0,074943167	0,071405818
40	28/12/2020	6:30	0	0	0	0	0,15	0,14	0,14	0,0018	0,18	31/12/2020	4	0,003375	0,002744	0,002744	0,000321833	0,0003465	0,000371167	0,068529412	0,07023729
41	28/12/2020	6:40	0	0	0	0	0,11	0,1	0,08	0,002	0,2	31/12/2020	5	0,001331	0,001	0,000729	0,000505917	0,000505917	0,000534083	0,070681897	0,070681897

CEL_Semana_53_SANOT15 Desbalance de tensión % Fluctuaciones de tensión Pst Pit_R Pit_S Pit_T

Escribe aquí para buscar

2:13 p. m. 28/05/2021

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 12. Archivo de Armónicos del punto de medida SMOT15 para la semana 53

ARMÓNICOS_SMOT15_28DIC-03 ENERO.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Confidencialidad Enviar a MindManager

A1 Local Time

	A	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	V	
	Local Time	V1 Total HD	V2 Total HD	V3 Total HD	V1 HD 1	V1 HD 3	V1 HD 5	V1 HD 7	V1 HD 9	V1 HD 11	V1 HD 13	V1 HD 15	V2 HD 1	V2 HD 3	V2 HD 5	V2 HD 7	V2 HD 9	V2 HD 11	V2 HD 13	V	
1	12:00:00 a.m.	1,011163076	0,854366541	0,895040393	100	0,156643093	0,970695198	0,14477244	0,021426681	0,1072376	0,1072376	0,049013976	0,019978533	100	0,136564374	0,806706011	0,076108128	0,091429956	0,134248346	0,053652052	0,0
2	12:10:00 a.m.	1,043542743	0,874377012	0,893264771	100	0,164185479	1,002698421	0,137809187	0,018840043	0,107284687	0,077710405	0,017102301	100	0,133634433	0,825376868	0,092394153	0,088647395	0,140484601	0,062193306	0,0	0,0
3	12:20:00 a.m.	1,069358423	0,904283881	0,919495761	100	0,17142266	1,046584368	0,153551906	0,017030014	0,112716474	0,084304288	0,021427685	100	0,150758311	0,853261411	0,096977707	0,087363278	0,144282535	0,061225604	0,0	0,0
4	12:30:00 a.m.	1,052223166	0,880122244	0,890104473	100	0,157819211	1,010908008	0,124748625	0,027826697	0,117833585	0,080644578	0,020622797	100	0,160267442	0,822752595	0,081017555	0,087073058	0,144705042	0,057630882	0,0	0,0
5	12:40:00 a.m.	1,071680546	0,900230289	0,905197978	100	0,167419463	1,030228376	0,12622124	0,020549858	0,123738952	0,086205773	0,018971957	100	0,155001864	0,846504445	0,118697271	0,077648588	0,138515696	0,061991755	0,0	0,0
6	12:50:00 a.m.	1,104370952	0,927947462	0,947752774	100	0,158153713	1,063908219	0,14105548	0,022458101	0,118414551	0,090702258	0,017003998	100	0,150081664	0,877205729	0,108298227	0,077905834	0,145005584	0,066256151	0,0	0,0
7	1:00:00 a.m.	1,112545967	0,933257937	0,970503032	100	0,158386645	1,072246313	0,141778769	0,023454918	0,11773029	0,097560018	0,01837676	100	0,146324977	0,883056939	0,096958646	0,078830242	0,154877737	0,070415892	0,0	0,0
8	1:10:00 a.m.	1,183608413	0,995726943	1,031597733	100	0,172608346	1,143010497	0,136433035	0,028946273	0,127532989	0,086714283	0,017762624	100	0,138585821	0,945697963	0,120921694	0,074502558	0,162752792	0,059743099	0,0	0,0
9	1:20:00 a.m.	1,167800784	0,977578342	1,010479689	100	0,174562126	1,12892735	0,113912277	0,028861262	0,122424111	0,102270484	0,018986773	100	0,134306103	0,924951553	0,134541601	0,071835175	0,164918214	0,082560219	0,0	0,0
10	1:30:00 a.m.	1,188572407	0,965285342	1,035380244	100	0,174026236	1,149357438	0,115187123	0,021685227	0,120429955	0,118006632	0,020318622	100	0,135053068	0,93035084	0,144783527	0,075294428	0,163774878	0,091161102	0,0	0,0
11	1:40:00 a.m.	1,203646898	0,974441113	1,054319024	100	0,17340146	1,165830731	0,118180223	0,023611879	0,110260963	0,116907477	0,018314052	100	0,135239899	0,943420589	0,147227064	0,072611921	0,161610737	0,097080357	0,0	0,0
12	1:50:00 a.m.	1,20420897	0,983887315	1,055350184	100	0,180315688	1,164583683	0,125356391	0,019220425	0,109454699	0,120555788	0,01573715	100	0,131166175	0,934153736	0,13134481	0,071219102	0,148414716	0,094395474	0,0	0,0
13	2:00:00 a.m.	1,191018701	0,985073864	1,054650784	100	0,171329573	1,152356982	0,11499503	0,027150949	0,109786667	0,123589411	0,018758746	100	0,135355219	0,931490779	0,146004617	0,072965279	0,150025487	0,102496646	0,0	0,0
14	2:10:00 a.m.	1,26490438	1,051942229	1,094361905	100	0,179879919	1,22828347	0,136164472	0,026713831	0,11688108	0,074980274	0,018721418	100	0,11225231	0,997472107	0,20694454	0,055931643	0,152860761	0,061323222	0,0	0,0
15	2:20:00 a.m.	1,469629798	1,27045989	1,404323101	100	0,166827142	1,437224269	0,170156121	0,02790275	0,107534699	0,067108244	0,01767353	100	0,122650375	1,026317584	0,206317156	0,060343411	0,142037645	0,062099915	0,0	0,0
16	2:30:00 a.m.	1,541110635	1,344848394	1,488989592	100	0,172058836	1,50766325	0,182760537	0,025140623	0,112828329	0,071711995	0,019066582	100	0,122947842	1,309398031	0,199207708	0,056445457	0,145886828	0,057687186	0,0	0,0
17	2:40:00 a.m.	1,533360166	1,350911736	1,493745685	100	0,170100212	1,50770247	0,170398816	0,02301939	0,106090859	0,081143543	0,020241257	100	0,125565097	1,310260057	0,196358696	0,053572815	0,134932808	0,070937589	0,0	0,0
18	2:50:00 a.m.	1,551815748	1,35144186	1,499220014	100	0,173813775	1,51891923	0,182920158	0,021107592	0,102184609	0,087635748	0,017921738	100	0,116947152	1,311292291	0,19530794	0,058245327	0,138320386	0,081131428	0,0	0,0
19	3:00:00 a.m.	1,571420431	1,371116396	1,523185015	100	0,182588413	1,537226796	0,18237932	0,027132053	0,101495773	0,091827758	0,017654685	100	0,106519535	1,331236444	0,19198893	0,058935311	0,145163566	0,083921082	0,0	0,0
20	3:10:00 a.m.	1,579381108	1,388771534	1,538750768	100	0,166177894	1,547172308	0,178701252	0,02958305	0,10072577	0,096736319	0,016127845	100	0,12704666	1,347615242	0,180963069	0,061932418	0,155167893	0,089606151	0,0	0,0
21	3:20:00 a.m.	1,56714952	1,384114861	1,533235908	100	0,157429725	1,53558224	0,176594883	0,032005202	0,105362381	0,099270716	0,018278778	100	0,121891618	1,343302011	0,183241218	0,057828654	0,155961812	0,087144569	0,0	0,0
22	3:30:00 a.m.	1,569282889	1,389063478	1,54143858	100	0,167314798	1,536933184	0,173855513	0,023536988	0,113982797	0,091941334	0,017803036	100	0,105847114	1,349554896	0,185306087	0,059858896	0,157842517	0,080890194	0,0	0,0
23	3:40:00 a.m.	1,598039508	1,423994184	1,568623781	100	0,163182095	1,570004225	0,153682321	0,023940589	0,097059704	0,088804245	0,015315861	100	0,109421618	1,384984493	0,195427239	0,056374937	0,145114452	0,082666655	0,0	0,0
24	3:50:00 a.m.	1,587352514	1,406883359	1,555760145	100	0,169160917	1,559733033	0,141151621	0,022898522	0,101551756	0,078901835	0,018190835	100	0,118036143	1,365076542	0,19039043	0,060173519	0,137734041	0,072534233	0,0	0,0
25	4:00:00 a.m.	1,578300118	1,409216046	1,563095093	100	0,183560103	1,549051642	0,128035322	0,0342209	0,10800489	0,069038488	0,013892053	100	0,0893315	1,361833215	0,252692848	0,059401799	0,138036221	0,075483004	0,0	0,0
26	4:10:00 a.m.	1,616291761	1,438940167	1,602987647	100	0,201030776	1,585276604	0,148636624	0,025433656	0,09445975	0,080759816	0,013515048	100	0,071937852	1,398412943	0,229894489	0,057462376	0,134352237	0,082879782	0,0	0,0
27	4:20:00 a.m.	1,645060897	1,474350452	1,627639174	100	0,177511722	1,616125226	0,157861859	0,022538962	0,10090482	0,074480981	0,017243436	100	0,094028749	1,436126232	0,215874076	0,052946646	0,134869859	0,073982395	0,0	0,0
28	4:30:00 a.m.	1,644503832	1,467170715	1,614011884	100	0,169410527	1,616727829	0,155531138	0,026199022	0,097038666	0,075986378	0,016564554	100	0,111525752	1,426120043	0,217251286	0,055971667	0,138296619	0,08271987	0,0	0,0
29	4:40:00 a.m.	1,61949122	1,448429823	1,588483691	100	0,170835286	1,590454578	0,15704973	0,022713184	0,112993345	0,071005285	0,014307892	100	0,117819332	1,40388	0,230427802	0,053796928	0,15159334	0,073609978	0,0	0,0
30	4:50:00 a.m.	1,476948261	1,332941771	1,473963976	100	0,147384137	1,448494434	0,162807167	0,009852357	0,101143867	0,064340465	0,015372095	100	0,102449849	1,282975793	0,246996105	0,077912077	0,135494918	0,078679204	0,0	0,0
31	5:00:00 a.m.	1,436975479	1,275342107	1,403303981	100	0,148409143	1,40504992	0,176273659	0,015502106	0,10913606	0,05868227	0,016953789	100	0,098526105	1,234191298	0,190528899	0,065826721	0,132631361	0,071639813	0,0	0,0
32	5:10:00 a.m.	1,369761348	1,217341065	1,320867658	100	0,141969904	1,33463347	0,173754379	0,025262998	0,130249366	0,033715982	0,017739002	100	0,109696564	1,170746088	0,19706738	0,06184148	0,149592966	0,054056726	0,0	0,0
33	5:20:00 a.m.	1,229152799	1,103418231	1,198614154	100	0,126197338	1,190700531	0,188817814	0,019263104	0,132740527	0,032039783	0,019410321	100	0,100037344	1,048080325	0,2166688	0,069021374	0,162402704	0,044993032	0,0	0,0
34	5:30:00 a.m.	1,184962988	1,066224098	1,172788382	100	0,126840666	1,144154072	0,194583014	0,020091368	0,127845883	0,033215128	0,019619927	100	0,083511628	1,00936079	0,225754783	0,071257867	0,15408963	0,029625991	0,0	0,0
35	5:40:00 a.m.	1,160657167	1,045021057	1,162333727	100	0,16680633	1,120542765	0,203834325	0,013251127	0,12134168	0,017863199	0,018883753	100	0,085036555	0,986907125	0,239040121	0,074373804	0,140157238	0,018552331	0,0	0,0
36	5:50:00 a.m.	1,17159009	1,054034233	1,169048429	100	0,116016753	1,125545502	0,23485586	0,023181217	0,120700635	0,021810563	0,01867317	100	0,0904622	0,990636587	0,259254813	0,071686633	0,139523298	0,022658715	0,0	0,0
37	6:00:00 a.m.	1,216179967	1,11805201	1,215675592	100	0,093685083	1,165328145	0,265157491	0,040890884	0,12907137	0,029283384	0,020870648	100	0,105927779	1,03830564	0,298085451	0,053655807	0,153881833	0,029582214	0,0	0,0
38	6:10:00 a.m.	1,286900997	1,178165793	1,268236518	100	0,089508414	1,239676118	0,251088768	0,056795392	0,145840958	0,030457316	0,024672868	100	0,0984375201	1,114123106	0,274905562	0,039589878	0,170584619			

Anexo 13. Archivo de los registros de calidad de la potencia en el punto de medida SMOT5

02_SAN_MATEO_345 OT15 CALIDAD DE LA POTENCIA.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Confidencialidad Enviar a MindManager

A1 Local Time

	A	C	E	G	H	I	J	K	L	N	O	Q	R	S	T	U	V
1	Local Time	Freq mean	I a mean	I b mean	I c mean	kVA tot mean	kVAR tot mean	kW tot mean	PF lag mean	V unbal mean	VII ab mean	VII bc mean	VII ca mean				
194	12:00:00 a. m.	59,98780823	438,238373	428,704315	430,913849	26152,43359	9313,638672	24436,93555	93,44384766	0,397515297	34857,47266	35078,46094	34799,67969				
195	12:15:00 a. m.	59,99791336	434,312256	424,652313	426,610229	25678,06641	9011,712891	24044,70508	93,63919067	0,392815351	34556,49609	34770,63281	34494,30859				
196	12:30:00 a. m.	60,00178909	428,593811	418,964691	421,473145	25422,93945	8996,811523	23777,71094	93,52871704	0,380035102	34664,97266	34869,73047	34596,58984				
197	12:45:00 a. m.	59,99509811	424,040619	415,184967	417,097565	25164,88281	8879,642578	23546,16602	93,56755066	0,379276693	34666,02344	34864,26172	34587,21094				
198	1:00:00 a. m.	59,99045563	423,869049	414,624451	415,777069	25109,8457	8945,402344	23462,19922	93,43883514	0,372927427	34644,53516	34842,74219	34572,63672				
199	1:15:00 a. m.	59,99570465	419,161133	410,062195	410,987701	24786,72852	8739,509766	23194,88281	93,57769775	0,37099731	34587,26953	34783,18359	34514,53906				
200	1:30:00 a. m.	59,99198914	415,409882	406,428467	406,825897	24572,54297	8696,598633	22982,11133	93,52770996	0,3729164	34611,67188	34807,5625	34536,67578				
201	1:45:00 a. m.	59,9933815	417,052979	408,233368	408,135498	24647,51172	8799,223633	23023,20313	93,41000366	0,367010623	34582,27734	34777,08594	34510,96094				
202	2:00:00 a. m.	60,00090408	416,383911	407,211029	407,346802	24610,11328	8852,832031	22962,59766	93,30571747	0,366582334	34600,53906	34793,89063	34527,46484				
203	2:15:00 a. m.	60,00072861	411,688599	402,777924	403,108521	24400,74414	8793,711914	22760,99023	93,28020477	0,36153847	34685,97266	34874,44141	34608,03516				
204	2:30:00 a. m.	59,99643326	410,269257	401,337097	401,388611	24305,75586	8763,584961	22670,77148	93,27359009	0,371800363	34680,26172	34873,41406	34601,61719				
205	2:45:00 a. m.	60,00234985	410,025299	400,975342	400,692078	24320,83594	8788,890625	22677,18945	93,24199677	0,358070642	34741,71484	34927,64844	34663,17969				
206	3:00:00 a. m.	59,99814224	407,887878	398,817688	399,262573	24222,10352	8666,65625	22618,41797	93,37866974	0,367048353	34766,30078	34953,5625	34681,3125				
207	3:15:00 a. m.	59,99994278	402,454071	393,416687	393,510986	23928,4668	8652,49707	22309,31055	93,23309326	0,364583433	34823,89844	35010,45703	34740,76172				
208	3:30:00 a. m.	60,00114441	403,094238	394,166748	394,456635	23985,6543	8707,154297	22349,33398	93,17769623	0,362561792	34835,60938	35024,57813	34759,32422				
209	3:45:00 a. m.	59,99966049	395,986725	387,003937	387,578125	23584,64648	8528,232422	21988,71094	93,2331543	0,365127116	34871,66406	35061,99219	34796,13281				
210	4:00:00 a. m.	59,99361801	397,566864	388,514221	389,11145	23577,91992	8468,331055	22004,57422	93,32675934	0,378846705	34724,58984	34918,72656	34643,62109				
211	4:15:00 a. m.	59,99617767	396,46875	387,290894	388,05072	23466,93945	8401,15625	21911,5625	93,37190247	0,384575608	34663,84766	34856,6875	34574,68359				
212	4:30:00 a. m.	59,99641037	395,671875	386,420929	386,875244	23401,44531	8344,556641	21862,9375	93,42552185	0,382570803	34644,86328	34842,75391	34568,77734				
213	4:45:00 a. m.	60,00181961	388,992859	380,239929	380,376282	23046,08594	8165,275879	21551,08984	93,51308441	0,372723073	34697,125	34887,92969	34617,26953				
214	5:00:00 a. m.	60,0023613	391,540009	383,185333	382,749603	23205,8418	8261,930664	21685,20508	93,44678497	0,368473828	34698,84375	34889,58203	34622,30469				
215	5:15:00 a. m.	59,99104691	390,478668	382,633423	381,608765	23126,14844	8250,023438	21604,52148	93,42021942	0,355894059	34663,32813	34847,75	34588,0625				
216	5:30:00 a. m.	60,00776291	391,093658	382,524475	382,309052	23135,22656	8213,077148	21627,63477	93,48381042	0,378155768	34632,97656	34832,60547	34566,87891				
217	5:45:00 a. m.	60,00192261	376,898895	370,582397	370,349884	22799,72852	8657,267578	21091,81641	92,50788116	0,385631919	35290,83594	35498,54297	35226,70703				
218	6:00:00 a. m.	60,00185013	371,403961	366,685913	366,347626	22420,51563	8490,919922	20750,34375	92,5511322	0,451999038	35099,76953	35354,81641	35066,39844				
219	6:15:00 a. m.	59,99806976	378,473755	374,90625	374,229645	22784,72266	8666,171875	21072,09375	92,48344421	0,436832964	34940,63281	35184,60547	34902,68359				
220	6:30:00 a. m.	60,00625992	390,194733	387,050629	385,976898	23360,66797	8864,035156	21613,51367	92,5212326	0,436900973	34721,32031	34967,63672	34689,74219				
221	6:45:00 a. m.	59,99930954	398,806885	395,214111	394,893036	23859,28516	9123,917969	22045,45117	92,39939117	0,444222778	34694,42969	34944,54688	34662,18359				
222	7:00:00 a. m.	59,99780655	407,41095	404,177521	404,487244	24620,9707	9714,005859	22623,57813	91,88747406	0,435719609	34995,67188	35251,76172	34979,625				
223	7:15:00 a. m.	59,99409103	407,040894	402,313354	403,865387	24461,41406	9952,381836	22344,38867	91,34118652	0,368647188	34855,3125	35084,44531	34851,60156				
224	7:30:00 a. m.	59,99862671	421,139008	417,122681	418,612	25172,88672	10252,12207	22990,51563	91,32926941	0,329613417	34635,17969	34840,17578	34621,46484				
225	7:45:00 a. m.	59,99930573	442,225616	439,760406	440,538635	26358,74609	10685,57715	24095,54492	91,413414	0,311733693	34468,80078	34664,46484	34452,59375				
226	8:00:00 a. m.	60,00507355	451,232117	449,159241	449,535217	26927,69922	10894,37695	24625,32227	91,44907379	0,301934928	34504,16016	34691,49609	34479,22266				
227	8:15:00 a. m.	59,99721909	464,464264	461,594269	463,15036	27634,95313	11099,23535	25307,85938	91,57830811	0,305568546	34409,01563	34599,60547	34382,02734				
228	8:30:00 a. m.	60,00298309	475,108795	472,114563	474,49707	28538,66016	11744,93848	26009,4082	91,13803864	0,299590856	34716,44531	34911,32422	34694,51172				
229	8:45:00 a. m.	59,99855042	450,75885	445,991211	450,406433	27116,28711	11177,6123	24704,86719	91,09165192	0,310349464	34844,84375	35044,9375	34826,70703				

SANOT15 Potencias 19-12-2020 Tensiones 19-12-2020 Corrientes 19-12-2020 Potencias 08-12-2020 Tensiones 08-12-2020 Corrientes 08-12-2020 Potencias 03-12-2020 Ter ...

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 14. Archivo de los registros SCADA en el punto de medida SM0T15 por nivel de tensión 34,5 kV

02_SAN_MATEO_345 kV20210101095708.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Confidencialidad Enviar a MindManager

A2594 28/12/2020 12:00:00 a. m.

1	TIME	IRS_MED_SNNM_C	IST_MED_SNNM_C	ITR_MED_SNNM_C	IR_MED_SNNM_O	IS_MED_SNNM_O	IT_MED_SNNM_O	MED_SNNM_OT15	MED_SNNM_OT15	MED_SNNM_OT15	FP_MED_SNNM_O	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM	MED_SNNM
2594	12:00:00 a. m.	34,71	35	34,66	306,5	293,75	299,85	16,85	6,53	18,07	93,24	34,80	3,45	34,80	117,50	110,90	127,90	-6,50	-2,92	7,13	-91
2595	12:15:00 a. m.	34,55	34,8	34,49	302,94	290,45	294,67	16,56	6,34	17,73	93,39	34,60	3,42	34,60	115,20	108,30	125,40	-6,34	-2,81	6,93	-91
2596	12:30:00 a. m.	34,58	34,84	293,67	301,69	288,01	293,67	16,5	6,27	17,66	93,48	34,60	3,42	34,60	113,90	107,10	124,20	-6,27	-2,79	6,86	-91
2597	12:45:00 a. m.	34,63	34,89	34,56	296,86	283,88	289,36	16,22	6,34	17,42	93,14	34,70	3,44	34,70	114,10	107,30	123,50	-6,27	-2,83	6,88	-91
2598	1:00:00 a. m.	34,68	34,92	34,62	297,83	284,97	288,1	16,23	6,43	17,45	92,97	34,70	3,44	34,70	113,00	106,90	123,30	-6,21	-2,88	6,84	-90
2599	1:15:00 a. m.	34,67	34,9	34,57	295,43	283,12	286,07	16,11	6,36	17,32	93,01	34,70	3,43	34,70	111,90	105,90	121,90	-6,14	-2,85	6,77	-90
2600	1:30:00 a. m.	34,8	35,04	283,87	280,38	283,87	280,38	16	6,46	17,25	92,72	34,80	3,45	34,80	110,70	104,50	120,80	-6,10	-2,83	6,72	-90
2601	1:45:00 a. m.	34,81	35,03	34,73	292,48	279,36	283,06	15,93	6,47	17,19	92,66	34,80	3,45	34,90	110,50	104,30	120,60	-6,07	-2,88	6,72	-90
2602	2:00:00 a. m.	34,88	35,08	34,8	289,3	277,94	280,26	15,82	6,43	17,08	92,64	34,90	3,46	34,90	109,70	104,00	120,00	-6,05	-2,86	6,69	-90
2603	2:15:00 a. m.	34,7	34,9	34,61	291,62	278,31	282,31	15,86	6,33	17,08	92,89	34,80	3,45	34,80	108,70	102,50	118,60	-5,97	-2,79	6,59	-90
2604	2:30:00 a. m.	34,8	34,98	34,71	274,85	277,69	277,69	15,68	6,27	16,89	92,84	34,80	3,45	34,80	107,00	101,60	117,50	-5,90	-2,77	6,52	-90
2605	2:45:00 a. m.	34,8	34,98	34,7	286,58	274,36	277,08	15,59	6,37	16,84	92,58	34,70	3,45	34,80	106,90	100,70	117,10	-5,87	-2,75	6,49	-90
2606	3:00:00 a. m.	34,81	35	34,71	285,97	272,95	275,49	15,51	6,37	16,77	92,50	34,80	3,45	34,90	107,10	101,40	117,60	-5,89	-2,81	6,53	-90
2607	3:15:00 a. m.	34,82	35,02	34,73	283,16	269,67	272,42	15,35	6,31	16,6	92,50	34,80	3,45	34,90	105,90	99,80	116,50	-5,81	-2,79	6,45	-90
2608	3:30:00 a. m.	34,89	35,08	34,78	268,32	265,18	268,62	15,16	6,15	16,36	92,66	34,90	3,46	34,90	104,90	98,90	115,60	-5,78	-2,75	6,40	-90
2609	3:45:00 a. m.	34,85	35,03	34,73	279,04	266,72	269,61	15,18	6,22	16,4	92,54	34,90	3,46	34,90	105,10	98,90	115,50	-5,78	-2,75	6,40	-90
2610	4:00:00 a. m.	34,86	35,05	34,75	277,01	263,39	267,76	15,05	6,16	16,26	92,55	34,90	3,46	34,90	104,50	98,70	114,60	-5,75	-2,75	6,37	-90
2611	4:15:00 a. m.	34,93	35,13	34,83	273,96	261,19	265,28	14,99	5,99	16,15	92,86	34,90	3,46	34,90	104,70	99,00	114,60	-5,76	-2,75	6,38	-90
2612	4:30:00 a. m.	34,94	35,13	34,83	273,74	261,7	265,16	14,97	6,07	16,15	92,67	34,90	3,46	34,90	105,50	98,90	115,00	-5,78	-2,77	6,41	-90
2613	4:45:00 a. m.	34,67	34,84	34,63	276,22	261,84	266,49	14,95	6,01	16,11	92,79	34,70	3,44	34,80	104,30	98,10	114,20	-5,72	-2,68	6,32	-90
2614	5:00:00 a. m.	34,25	34,41	34,21	278,7	265,5	268,92	15,04	5,7	16,09	93,51	34,20	3,40	34,30	102,80	96,70	112,90	-5,63	-2,49	6,15	-91
2615	5:15:00 a. m.	34,22	34,37	34,22	283,22	268	273,14	15,24	5,79	16,3	93,47	34,20	3,39	34,40	104,30	97,70	115,30	-5,69	-2,57	6,24	-91
2616	5:30:00 a. m.	34,26	34,37	34,23	286,41	272,53	275,65	15,43	5,89	16,51	93,42	34,20	3,39	34,40	104,00	98,10	114,40	-5,69	-2,54	6,23	-91
2617	5:45:00 a. m.	34,17	34,29	34,15	289,83	275,05	279,31	15,58	5,89	16,66	93,53	34,10	3,39	34,30	103,20	97,10	113,60	-5,63	-2,52	6,17	-91
2618	6:00:00 a. m.	34,17	34,27	34,12	278,07	265,09	268,95	14,89	5,92	16,02	92,92	34,10	3,39	34,20	98,50	93,40	107,10	-5,29	-2,54	5,87	-90
2619	6:15:00 a. m.	34,18	34,27	34,13	287,63	276,11	278,53	15,41	6,21	16,62	92,75	34,10	3,39	34,30	103,90	98,80	111,10	-5,55	-2,70	6,17	-89
2620	6:30:00 a. m.	34,09	34,17	34,04	299,45	288,41	290,51	15,97	6,6	17,29	92,41	33,90	3,38	34,20	109,80	103,70	117,00	-5,79	-2,90	6,48	-89
2621	6:45:00 a. m.	34,42	34,48	34,35	309,79	300,36	302,55	16,65	7,16	18,13	91,86	34,30	3,41	34,50	113,30	106,90	119,50	-5,94	-3,14	6,72	-88
2622	7:00:00 a. m.	34,33	34,41	34,28	320,75	310,92	312,88	17,2	7,38	18,72	91,90	34,20	3,40	34,40	116,80	111,20	123,80	-6,16	-3,21	6,94	-88
2623	7:15:00 a. m.	34,2	34,28	34,14	340,09	329,88	331,88	18,15	7,86	19,78	91,77	34,10	3,39	34,20	124,20	118,20	130,80	-6,48	-3,43	7,33	-88
2624	7:30:00 a. m.	34,48	34,54	34,42	358,6	350,18	351,69	19,27	8,62	21,11	91,28	34,30	3,41	34,50	132,00	125,80	138,70	-6,92	-3,71	7,85	-88
2625	7:45:00 a. m.	34,35	34,39	34,28	371,38	362,73	364,73	19,91	8,82	21,78	91,43	34,20	3,41	34,50	135,10	128,20	140,40	-7,06	-3,72	7,98	-88
2626	8:00:00 a. m.	34,4	34,41	34,3	384,53	376,55	378,56	20,64	9,22	22,61	91,30	34,20	3,41	34,50	135,80	128,60	141,90	-7,08	-3,79	8,03	-88
2627	8:15:00 a. m.	34,3	34,32	34,23	396,94	386,97	390,28	21,24	9,42	23,24	91,42	34,20	3,41	34,40	134,80	127,30	141,70	-7,01	-3,81	7,98	-87
2628	8:30:00 a. m.	34,26	34,27	34,18	410,6	401,43	405,13	21,97	9,79	24,05	91,35	34,10	3,40	34,30	138,30	130,50	144,50	-7,20	-3,86	8,17	-88
2629	8:45:00 a. m.	34,22	34,22	34,13	420,63	411,74	414,94	22,55	9,86	24,61	91,63	34,00	3,39	34,30	144,00	136,40	149,20	-7,48	-3,94	8,45	-88
2630	9:00:00 a. m.	34,22	34,21	34,12	423,93	414,5	418,15	22,75	9,86	24,79	91,75	34,00	3,39	34,20	137,20	128,70	142,70	-7,07	-3,79	8,02	-88
2631	9:15:00 a. m.	34,07	34,07	33,98	434,12	424,03	427,86	23,1	10,23	25,27	91,43	33,90	3,38	34,10	136,30	128,30	142,30	-7,06	-3,70	7,97	-88
2632	9:30:00 a. m.	33,98	33,97	33,87	444,12	435,21	439,56	23,68	10,34	25,84	91,64	33,80	3,37	34,10	148,60	139,60	154,10	-7,63	-4,06	8,64	-88
2633	9:45:00 a. m.	33,89	33,88	33,81	453,06	443,53	446,72	24,09	10,44	26,26	91,76	33,70	3,37	34,00	150,40	141,70	155,50	-7,74	-4,04	8,73	-88
2634	10:00:00 a. m.	33,84	33,87	33,84	458,08	451,48	454,72	24,44	10,74	26,7	91,56	33,70	3,36	34,00	154,10	145,00	159,00	-7,88	-4,18	8,93	-88

02_SAN_MATEO_345 kV202101010957 Perfil de tensiones Perfil de corrientes Perfil de Potencias Factor de Potencia

Modo Filtrar

70%

Escribe aquí para buscar

2:17 p. m. 28/05/2021

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 15. Archivo de los registros SCADA en el punto de medida SM0T15 por nivel de tensión 115 kV

02_SAN_MATEO_230 kV - 115 kV20210101095530 SCADA.xlsx - Excel

Cristian Steven Moreno Rojas

Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Confidencialidad Enviar a MindManager

A1 TIME

	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	EZ	FA	FB
194	116,3	11,74	115,2	134,2	131,6	132,4	24,22	10,97	26,59	-91,1	18	2474205	2465339	6032			
195	116,7	11,74	115,7	132,6	129,7	130,7	23,98	10,91	26,34	-91	18	2480250	2468098	6032			
196	116,8	11,74	115,8	130,3	127,9	128,6	23,63	10,74	25,96	-91	18	2486072	2470768	6032			
197	116,8	11,74	115,8	130,8	128,2	129	23,57	10,81	25,93	-90,9	18	2491952	2473453	6032			
198	116,3	11,74	115,4	128,8	126,1	126,5	23,22	10,53	25,5	-91,1	18	2497821	2476158	6032			
199	116,7	11,74	115,7	128	125,3	125,7	23,08	10,65	25,42	-90,8	18	2503640	2478807	6032			
200	116,5	11,74	115,5	127,2	125	125	22,98	10,5	25,27	-90,9	18	2509483	2481473	6032			
201	116,3	11,74	115,3	128,5	125,6	125,9	23,05	10,65	25,39	-90,8	18	2515124	2484070	6032			
202	116,6	11,74	115,5	126,2	123,6	123,7	22,74	10,43	25,01	-90,9	18	2520886	2486742	6032			
203	116,6	11,74	115,6	125,6	123	123,3	22,67	10,35	24,92	-91	18	2526584	2489383	6032			
204	116,7	11,74	115,6	125,7	123,3	123,1	22,66	10,44	24,95	-90,8	18	2532234	2492002	6032			
205	116,8	11,74	115,7	123,3	120,7	121	22,26	10,21	24,49	-90,9	18	2537937	2494650	6032			
206	117,2	11,74	116,3	124,4	121,8	122	22,53	10,39	24,81	-90,8	18	2543580	2497243	6032			
207	117,1	11,74	116,1	123,3	120,8	120,9	22,26	10,37	24,56	-90,6	18	2549153	2499823	6032			
208	117,1	11,74	116,1	122,3	119,8	119,7	22,12	10,19	24,35	-90,8	18	2554749	2502426	6032			
209	117,4	11,74	116,4	121	118,3	118,8	21,93	10,14	24,16	-90,8	18	2560236	2504960	6032			
210	116,4	11,74	115,4	121,7	119	119,5	21,94	9,97	24,1	-91	18	2565775	2507504	6032			
211	116,5	11,74	115,4	121,9	119,3	119,6	21,93	10,13	24,16	-90,8	18	2571229	2510001	6032			
212	116,4	11,74	115,3	120,2	117,5	117,5	21,67	9,74	23,75	-91,2	18	2576709	2512499	6032			
213	116,4	11,74	115,4	119,6	117,2	117,1	21,59	9,75	23,68	-91,1	18	2582079	2514924	6032			
214	116,7	11,74	115,6	120,5	118,4	118,1	21,77	9,92	23,93	-91	18	2587520	2517394	6032			
215	116,3	11,74	115,3	120,2	117,9	117,6	21,63	9,87	23,77	-91	18	2592940	2519861	6032			
216	118,6	11,74	117,6	118,9	116,7	117,1	21,68	10,36	24,03	-90,2	18	2598341	2522306	6032			
217	119,6	11,74	118,5	114,2	112,5	112,4	20,9	10,3	23,3	-89,7	18	2603625	2524846	6032			
218	119,6	11,74	118,5	113,4	111,9	112	20,82	10,14	23,16	-89,9	18	2608844	2527349	6032			
219	118,4	11,74	117,4	117,6	116,8	116,7	21,45	10,49	23,88	-89,8	18	2614095	2529886	6032			
220	118,8	11,74	117,7	119,5	118,7	118,3	21,85	10,65	24,31	-89,9	18	2619517	2532513	6032			
221	120	11,74	118,9	122,8	122,2	122,1	22,54	11,48	25,29	-89,1	18	2625035	2535216	6032			
222	119,5	11,74	118,6	125,7	124,6	125,2	22,98	11,7	25,79	-89,1	18	2630660	2538069	6032			
223	119	11,74	118,1	124,3	122,9	123,3	22,42	11,77	25,33	-88,5	18	2636288	2541014	6032			
224	118,5	11,74	117,6	133,3	132,5	133,3	24,08	12,6	27,18	-88,6	18	2642007	2544030	6032			
225	118,7	11,74	117,8	135	134,7	134,9	24,32	13,03	27,59	-88,1	18	2648025	2547214	6032			
226	118,4	11,74	117,6	139,5	138,9	139,2	25,14	13,3	28,44	-88,4	18	2654209	2550492	6032			
227	118,1	11,74	117,2	143,5	142,7	143,2	25,79	13,57	29,15	-88,5	18	2660530	2553834	6032			
228	119,7	11,74	118,9	142,1	141,2	142,3	25,72	14,02	29,29	-87,8	18	2667035	2557371	6032			
229	119,8	11,74	118,9	122,1	120,5	121,7	22,14	11,82	25,09	-88,2	18	2673223	2560716	6032			
230	119,5	11,74	118,7	126,8	125,8	127,7	23	12,37	26,12	-88,1	18	2678889	2563744	6032			
231	119,5	11,74	118,8	129,3	128,1	129,8	23,43	12,61	26,61	-88,1	18	2684757	2566900	6032			
232	119,3	11,74	118,6	135,1	134,4	135,7	24,42	13,32	27,81	-87,8	18	2690755	2570158	6032			
233	118	11,74	117,3	141,2	140	141,7	25,27	13,58	28,69	-88,1	18	2696995	2573532	6032			
234	118,1	11,74	117,4	146	145,4	146,8	26,27	14	29,77	-88,2	18	2703404	2576968	6032			

02_SAN_MATEO_230 kV - 115 kV202 POTENCIAS 19-12-2020 CORRIENTES 19-12-2020 TENSIONES 19-12-2020 POTENCIAS 08-12-2020 CORRIENTES 08-12-2020 TENSIONES C ...

Modo Filtrar

Escribe aquí para buscar

2:18 p. m. 28/05/2021

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

Anexo 16. Archivo de los eventos de calidad de la energía almacenados en la curva CBEMA

Excel interface showing a report titled "Power Quality Summary" for the period from 2020-oct-01 00:00:00 to 2021-ene-01 00:00:00.

Summary Statistics:

- Number of Incidents: 3
- Incident Interval: 2592000 seconds
- Number of disturbances: 144

Worst Disturbances [1996 CBEMA - ITIC]

Worst Disturbances Table:

Incident	Meter	Time	Type	Phase	Duration (s)	Magnitude (%)
Incident 3	SMATEO.UAD3_34KV_OT15	2020-dic-19 17:54:36.129	Sag *Exceeds Tolerance	V2	9,35E-01	8,73
Incident 1	SMATEO.UAD3_34KV_OT15	2020-oct-29 22:49:55.674	Sag *Exceeds Tolerance	V3	3,50E-01	14,93
Incident 2	SMATEO.UAD3_34KV_OT15	2020-nov-02 12:45:33.768	Sag *Exceeds Tolerance	V2	4,09E-01	34,00

Statistics Table:

Incident	First Time Stamp	Incident Duration	# Transients	# Sags	# Swells
Incident 1	2020-oct-02 07:20:21.279	2561722 seconds	17	37	0
Incident 2	2020-nov-02 00:45:40.374	2530645 seconds	24	37	0
Incident 3	2020-dic-02 07:05:29.348	2403597 seconds	7	19	3
Totals			48	93	3

Navigation tabs: Power Quality Summary | Incident 1 | Incident 2 | Incident 3 | About

Fuente: CENS S.A. E.S.P.

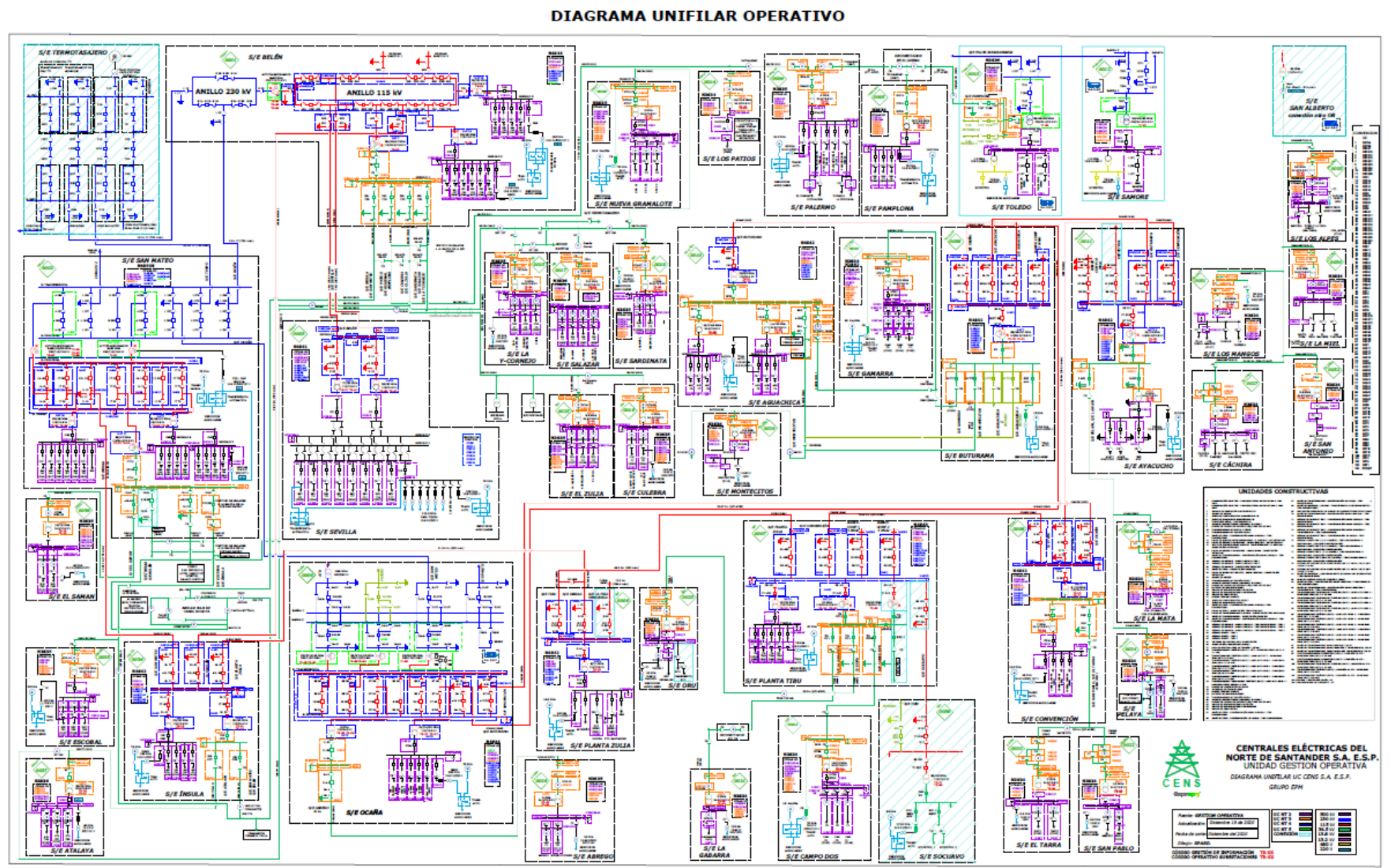
Anexo 17. Diagrama unifilar operativo de CENS S.A. E.S.P

UNIFILAR EN UC TOTAL 18-12-2020.pdf - Adobe Acrobat Pro DC

File Edit View Window Help

Home Tools 1090460... UPS-GT... T08260... Ramos... Machac... Proyect... Quispe... normas... normas... Norma... n_iconte... UNIFILA... x

1 / 1 22,9%



Escribe aquí para buscar

Taskbar with icons for Windows, Edge, File Explorer, Mail, Calendar, Photos, WhatsApp, Firefox, Chrome, OneDrive, Word, and system tray with date 28/05/2021 and time 2:21 p.m.

Fuente: CENS S.A. E.S.P

Anexo 18 Autotransformador 115/34.5/13.8 kV de la subestación San Mateo



Fuente: CENS S.A. E.S.P

Anexo 19 Placa de características del Autotransformador de San Mateo

ABB TRANSFORMADOR

ASEA BROWN BOVERI LTDA.
CALLE 16 No. 15-124
LA POZA, DOSQUEBRADAS- COLOMBIA

MODELO DE ACUPLAMIENTO: 4-B-C 4-B-4 4-B-4-C

PRENSA BAJA FRECUENCIA (BY MO): 230 70 34 70 70
IMPULSO AMPLIFICADO (BY OBTEN): 500 200 110 200 200

NO. DE SERIE: 250718 DIMENSIONES TRANSFORMADOR MONTADO: (ANCHO) 1000 mm (ALTO) 3300 mm (PROFUNDIDAD) 1100 mm

TIP: EN ACEITE

ELIACION DE TEMPERATURA: ACTIVO B.T.C. (DEMANDA EST.) ALTA PARA DAR LA PARTE ACTIVA: 7300 mm

FASES: 3 AÑO DE CONSTRUCCION: 2000

FRECUENCIA: 60 Hz NOMINAL: 60 Hz ELECTRO: 60 Hz

POTENCIA (MVA): 3000 / 3000 / 10000 / 4000 / 17000 / 14200 / 115 kV / 34.5 kV / 13.8 kV / 115 kV / 34.5 kV / 13.8 kV / 115 kV / 34.5 kV / 13.8 kV

POTENCIA CARGABLE PARA 13.8 kV = 13.15 MVA

CONDICION: 100% (100%)

DISPOSICION DE LOS BUJES

RELACION DE TENSION: 115 kV + 5 - 8 - 1 250 / 34.5 kV / 13.8 kV

POS.	TENSION	VOLTIOS		AMPERIOS	
		CHN1	CHN2	CHN1	CHN2
1	115	115000	140.1	238.5	
2	115	115000	140.1	238.5	
3	115	115000	140.1	238.5	
4	34.5	115000	140.1	238.5	
5	34.5	115000	140.1	238.5	
6	34.5	115000	140.1	238.5	
7	34.5	115000	140.1	238.5	
8	13.8	115000	140.1	238.5	
9	13.8	115000	140.1	238.5	
10	13.8	115000	140.1	238.5	
11	13.8	115000	140.1	238.5	
12	13.8	115000	140.1	238.5	
13	13.8	115000	140.1	238.5	
14	13.8	115000	140.1	238.5	
15	13.8	115000	140.1	238.5	
16	13.8	115000	140.1	238.5	
17	13.8	115000	140.1	238.5	

LABORADO POR: ABB COLOMBIA REF: P-0163000034012

Fuente: CENS S.A. E.S.P