CONTRATO DE CONSULTORÍA Nº 057 – 2020

CONTRATANTE: IPSE

CONTRATISTA: CONSORCIO CONSENER 2020

PROYECTO: "CONSTRUCCION DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS INSTITUCIONES EDUACATIVAS RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RÍOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA"

MEMORIA DE CÁLCULOS

Elaborado por:

JOHN JAIRO CORREA GARCÉS

Ingeniero Electricista

M.P. Nº 05205-11294

Yopal, Diciembre del 2021

Tabla de contenido

1 Introducción 15
2 Localización del proyecto 20
3 No. de usuarios a beneficiar 21
4 Caracterización de la carga 25
4.1 Instituciones educativas tipo I 25
4.2 Instituciones educativas tipo II 29
4.3 Instituciones educativas tipo III 33
4.4 Instituciones educativas tipo IV 37
4.5 Instituciones educativas tipo V 41
4.6 Instituciones educativas tipo VI 45
4.7 Instituciones educativas tipo VIII 49
4.8 Instituciones educativas tipo IX 53
4.9 Instituciones educativas tipo X 57
5 Estimación de la radiación solar 61
6 Dimensionamiento técnico del SISFV 68
6.1 Cálculo del rendimiento energético del SISFV 68
6.2 Datos de entrada 69
6.3 Cálculo de la generación fotovoltaica 80
6.4 Cálculo del almacenamiento de energía en batería 88
6.5 Cálculo del controlador de carga 93
6.6 Cálculo del inversor 95
6.7 Cálculo de protecciones y conductores 98
6.8 Simulación de la operación del SISFV dimensionado 110
6.9 Producción de energía del SISFV dimensionado 129
6.10 Resumen del SISFV dimensionado 135
7 Análisis de riesgos de origen eléctrico y su mitigación 157

8 Distancias de seguridad 164
9 Sistema de puesta a tierra 165
9.1 Medición de resistividad 165
9.2 Cálculo de la puesta a tierra 169
10 Anexos 175
10.1 Certificado de calibración de los equipos 175
10.2 Informe geológico - geotécnico 175
10.3 Cálculo estructural soporte paneles 175

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Instituciones educativas Tipo I (Hasta 35 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 21
Tabla 2. Instituciones educativas Tipo II (Entre 36 y 55 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 22
Tabla 3. Instituciones educativas Tipo III (Entre 56 y 75 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 22
Tabla 4. Instituciones educativas Tipo IV (Entre 76 y 100 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 23
Tabla 5. Instituciones educativas Tipo V (Entre 101 y 150 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 23
Tabla 6. Instituciones educativas Tipo VI (Entre 151 y 200 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 23
Tabla 7. Instituciones educativas Tipo VIII (Entre 301 y 450 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 23
Tabla 8. Instituciones educativas Tipo IX (Entre 451 y 600 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 23
Tabla 9. Instituciones educativas Tipo X (Entre 601 y 750 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha 24
Tabla 10. Resumen instituciones educativas de las ZNI del Municipio de Ríohacha 24
Tabla 11. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo I en el Municipio de Ríohacha 26
Tabla 12. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha 26
Tabla 13. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 28

Tabla 14. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo II en el Municipio de Ríohacha 30
Tabla 15. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha 30
Tabla 16. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 32
Tabla 17. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo III en el Municipio de Ríohacha 34
Tabla 18. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha 34
Tabla 19. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 36
Tabla 20. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo IV en el Municipio de Ríohacha 38
Tabla 21. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha 38
Tabla 22. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 40
Tabla 23. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo V en el Municipio de Ríohacha 42
Tabla 24. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha 42
Tabla 25. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 44
Tabla 26. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo VI en el Municipio de Ríohacha 46
Tabla 27. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha 46
Tabla 28. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 48
Tabla 29. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo VIII en el Municipio de Ríohacha 50
Tabla 30. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha 50
Tabla 31. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 52
Tabla 32. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo IX en el Municipio de Ríohacha 54
Tabla 33. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha 54

Tabla 34. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 56
Tabla 35. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo X en el Municipio de Ríohacha 58
Tabla 36. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha 58
Tabla 37. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 60
Tabla 38. Coordenadas de la cabecera municipal de Ríohacha del Departamento de La Guajira ... 62
Tabla 39. Datos meteorológicos y de irradiación solar horizontal inclinada mensual y anual del Municipio de Ríohacha, La Guajira, de la herramienta “Meteonorm 7.3 Versión Demo” 63
Tabla 40. Radiación solar promedio mensual y anual en superficie plana e inclinada de 12°, y radiación solar diaria promedio mensual y anual inclinada de 12°, a la latitud del municipio de Ríohacha, La Guajira de acuerdo a la herramienta “Meteonorm 7.3 Versión Demo” 64
Tabla 41. Datos de radiación solar diaria mensual mínima y máxima y promedio anual del Municipio de Ríohacha, La Guajira, de la herramienta “Meteonorm 7.3 Versión Demo” y del “Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia” 65
Tabla 42. Promedio horario diario mensual de la radiación solar en la Estación Aeropuerto Almirante Padilla en Ríohacha del “Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia” 66
Tabla 43. Cálculo del rendimiento energético de un SISFV en instituciones educativas tipo I, II, III, IV, V y VI 68
Tabla 44. Cálculo del rendimiento energético de un SISFV en instituciones educativas tipo VIII, IX y X 69
Tabla 45. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo I 71
Tabla 46. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo II 72
Tabla 47. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo III 73
Tabla 48. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo IV 74
Tabla 49. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo V 75
Tabla 50. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo VI 76
Tabla 51. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo VIII 77
Tabla 52. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo IX 78
Tabla 53. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo X 79
Tabla 54. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo I 80
Tabla 55. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo II 81
Tabla 56. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo III 82
Tabla 57. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo IV 83

Tabla 58. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo V 84
Tabla 59. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo VI 85
Tabla 60. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo VIII 86
Tabla 61. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo IX 87
Tabla 62. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo X 88
Tabla 63. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo I 89
Tabla 64. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo II 89
Tabla 65. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo III 90
Tabla 66. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo IV 90
Tabla 67. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo V 91
Tabla 68. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo VI 91
Tabla 69. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo VIII 92
Tabla 70. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo IX 92
Tabla 71. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo X 93
Tabla 72. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo I 93
Tabla 73. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo II 94
Tabla 74. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo III 94
Tabla 75. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo IV 94
Tabla 76. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo V 94
Tabla 77. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo VI 95
Tabla 78. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo I 95
Tabla 79. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo II 95
Tabla 80. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo III 95
Tabla 81. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo IV 96
Tabla 82. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo V 96
Tabla 83. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo VI 96

Tabla 84. Dimensionamiento del inversor enlazado a red de un SISFV de una institución educativa tipo VIII 96
Tabla 85. Dimensionamiento del inversor enlazado a red de un SISFV de una institución educativa tipo IX 97
Tabla 86. Dimensionamiento del inversor enlazado a red de un SISFV de una institución educativa tipo X 97
Tabla 87. Dimensionamiento del inversor bidireccional cargador de baterías de un SISFV de una institución educativa tipo VIII 97
Tabla 88. Dimensionamiento del inversor bidireccional cargador de baterías de un SISFV de una institución educativa tipo IX 98
Tabla 89. Dimensionamiento del inversor bidireccional cargador de baterías de un SISFV de una institución educativa tipo X 98
Tabla 90. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo I 99
Tabla 91. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo II 99
Tabla 92. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo III 100
Tabla 93. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo IV 100
Tabla 94. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo V 101
Tabla 95. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo VI 101
Tabla 96. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo VIII 102
Tabla 97. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo IX 103
Tabla 98. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo X 104
Tabla 99. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo I 105
Tabla 100. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo II 105
Tabla 101. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo III 105
Tabla 102. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo IV 105
Tabla 103. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo V 106
Tabla 104. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo VI 106
Tabla 105. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo VIII 106
Tabla 106. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo IX 106
Tabla 107. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo X 107
Tabla 108. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo I 107

Tabla 109. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo II 107
Tabla 110. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo III 108
Tabla 111. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo IV 108
Tabla 112. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo V 108
Tabla 113. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo VI 108
Tabla 114. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo VIII 109
Tabla 115. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo IX 109
Tabla 116. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo X 109
Tabla 117. Producción de energía eléctrica del SISFV de 800 Wp dimensionado para la institución educativa tipo I, en los años 0, 10 y 25 de uso..... 129
Tabla 118. Producción de energía eléctrica del SISFV de 1200 Wp dimensionado para la institución educativa tipo II, en los años 0, 10 y 25 de uso..... 130
Tabla 119. Producción de energía eléctrica del SISFV de 1600 Wp dimensionado para la institución educativa tipo III, en los años 0, 10 y 25 de uso..... 130
Tabla 120. Producción de energía eléctrica del SISFV de 2400 Wp dimensionado para la institución educativa tipo IV, en los años 0, 10 y 25 de uso 131
Tabla 121. Producción de energía eléctrica del SISFV de 3200 Wp dimensionado para la institución educativa tipo V, en los años 0, 10 y 25 de uso 132
Tabla 122. Producción de energía eléctrica del SISFV de 4000 Wp dimensionado para la institución educativa tipo VI, en los años 0, 10 y 25 de uso 132
Tabla 123. Producción de energía eléctrica del SISFV de 8000 Wp dimensionado para la institución educativa tipo VIII, en los años 0, 10 y 25 de uso 133
Tabla 124. Producción de energía eléctrica del SISFV de 12800 Wp dimensionado para la institución educativa tipo IX, en los años 0, 10 y 25 de uso..... 134
Tabla 125. Producción de energía eléctrica del SISFV de 16800 Wp dimensionado para la institución educativa tipo X, en los años 0, 10 y 25 de uso..... 134
Tabla 126. Resumen del SISFV de 800 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo I rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 135
Tabla 127. Resumen del SISFV de 1200 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo II rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 136
Tabla 128. Resumen del SISFV de 1600 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo III rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 136
Tabla 129. Resumen del SISFV de 2400 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo IV rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 137
Tabla 130. Resumen del SISFV de 3200 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo V rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira..... 137
Tabla 131. Resumen del SISFV de 4000 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo VI rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira.... 138
Tabla 132. Resumen del SISFV de 8000 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo VIII rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira.. 138

Tabla 133. Resumen del SISFV de 12800 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo IX rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira.... 139
Tabla 134. Resumen del SISFV de 16800 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo X rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira..... 139
Tabla 135. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 800 Wp dimensionado para una institución educativa tipo I rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira..... 140
Tabla 136. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 1200 Wp dimensionado para una institución educativa tipo II rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 141
Tabla 137. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 1600 Wp dimensionado para una institución educativa tipo III rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 142
Tabla 138. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 2400 Wp dimensionado para una institución educativa tipo IV rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 143
Tabla 139. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 3200 Wp dimensionado para una institución educativa tipo V rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 144
Tabla 140. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 4000 Wp dimensionado para una institución educativa tipo VI rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 145
Tabla 141. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 8000 Wp dimensionado para una institución educativa tipo VIII rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 146
Tabla 142. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 12800 Wp dimensionado para una institución educativa tipo IX rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 147
Tabla 143. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 16800 Wp dimensionado para una institución educativa tipo X rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira 148
Tabla 144. Especificaciones técnicas del sistema de medición prepago de los SISFV 150
Tabla 145. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo I proyectada 151
Tabla 146. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo II proyectada 151
Tabla 147. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo III proyectada 151
Tabla 148. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo IV proyectada 152

Tabla 149. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo V proyectada 152
Tabla 150. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo VI proyectada 153
Tabla 151. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo VIII proyectada 153
Tabla 152. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo IX proyectada 154
Tabla 153. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo X proyectada 155
Tabla 154. Especificaciones técnicas de las instalaciones eléctricas internas de los diferentes tipos de instituciones educativas proyectadas 156
Tabla 155. Decisiones y acciones para controlar el riesgo según modelo del RETIE 157
Tabla 156. Matriz de riesgos por ausencia de electricidad según modelo del RETIE 158
Tabla 157. Matriz de riesgos por contacto directo e indirecto según modelo del RETIE 158
Tabla 158. Matriz de riesgos por arcos eléctricos según modelo del RETIE 159
Tabla 159. Matriz de riesgos por sobrecarga según modelo del RETIE 159
Tabla 160. Matriz de riesgos por tensión de paso y contacto según modelo del RETIE 160
Tabla 161. Matriz de riesgos por cortocircuito según modelo del RETIE 160
Tabla 162. Matriz de riesgos por electricidad estática según modelo del RETIE 161
Tabla 163. Matriz de riesgos por equipos defectuosos según modelo del RETIE 161
Tabla 164. Matriz de riesgos por rayos según modelo del RETIE 162
Tabla 165. Resumen de la evaluación de cada uno de los riesgos contemplados, sus posibles causas y las acciones de mitigación, según modelo del RETIE 163
Tabla 166. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo II de la comunidad indígena Jirrawaikat del Municipio de Ríohacha, La Guajira 168
Tabla 167. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo IV de la comunidad indígena Urrainchi del Municipio de Ríohacha, La Guajira 168
Tabla 168. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo V de la comunidad indígena Woyotmana del Municipio de Ríohacha, La Guajira 168
Tabla 169. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo VI de la comunidad indígena Pulitchamana del Municipio de Ríohacha, La Guajira 169
Tabla 170. Resumen de las mediciones de resistividad en los distintos tipos de instituciones educativas del Municipio de Ríohacha, La Guajira 169
Tabla 171. Factor de multiplicación F para múltiples varillas conectadas en paralelo y separadas a una distancia igual a la longitud de cada varilla 170
Tabla 172. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo I y tipo II 171
Tabla 173. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo III y tipo IV 171

Tabla 174. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo V 172
Tabla 175. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo VI, tipo VIII, tipo IX y tipo X..... 172

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del Municipio de Ríohacha, Departamento de La Guajira. 20
Figura 2. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha 25
Figura 3. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 27
Figura 4. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 28
Figura 5. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha 29
Figura 6. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 31
Figura 7. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 32
Figura 8. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha 33
Figura 9. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 35
Figura 10. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 36
Figura 11. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha 37
Figura 12. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 39
Figura 13. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 40
Figura 14. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha 41
Figura 15. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 43
Figura 16. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira..... 44

Figura 17. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha 45
Figura 18. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 47
Figura 19. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 48
Figura 20. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha 49
Figura 21. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 51
Figura 22. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 52
Figura 23. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha 53
Figura 24. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 55
Figura 25. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 56
Figura 26. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha 57
Figura 27. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 59
Figura 28. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira 60
Figura 29. Trayectoria solar en una superficie situada en el hemisferio norte 61
Figura 30. Curva de radiación solar promedio horaria diaria inclinada a 12° en el mes de noviembre en el Municipio de Ríohacha, La Guajira del “Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia” 67
Figura 31. Simulación de la operación del SISFV de 800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo I 111
Figura 32. Simulación de la operación del SISFV de 1200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo II 112
Figura 33. Simulación de la operación del SISFV de 1600 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo III 113
Figura 34. Simulación de la operación del SISFV de 2400 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo IV 114
Figura 35. Simulación de la operación del SISFV de 3200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo V 115
Figura 36. Simulación de la operación del SISFV de 4000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo VI 116

Figura 37. Simulación de la operación del SISFV de 8000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo VIII . 117
Figura 38. Simulación de la operación del SISFV de 12800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo IX..... 118
Figura 39. Simulación de la operación del SISFV de 16800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo X..... 119
Figura 40. Simulación de la operación del SISFV de 800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo I 120
Figura 41. Simulación de la operación del SISFV de 1200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo II 121
Figura 42. Simulación de la operación del SISFV de1600 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo III 122
Figura 43. Simulación de la operación del SISFV de 2400 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo IV..... 123
Figura 44. Simulación de la operación del SISFV de 3200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo V..... 124
Figura 45. Simulación de la operación del SISFV de 4000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo VI..... 125
Figura 46. Simulación de la operación del SISFV de 8000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo VIII..... 126
Figura 47. Simulación de la operación del SISFV de 12800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo IX..... 127
Figura 48. Simulación de la operación del SISFV de 16800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo X..... 128
Figura 49. Diagrama de conexión del telurómetro METREL MI-3123 para efectuar la medida de resistividad del terreno en el municipios de Ríohacha, La Guajira, utilizando el método de los cuatro puntos de WENNER..... 165
Figura 50. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo II de la comunidad indígena Jirrawaikat del municipio de Ríohacha..... 166

Figura 51. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo IV de la comunidad indígena Urrainchi del municipio de Ríohacha 166
Figura 52. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo V de la comunidad indígena Woyotmana del municipio de Ríohacha 167
Figura 53. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo VI de la comunidad indígena Pulitchamana del municipio de Ríohacha 167
Figura 54. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo I y II de acuerdo al RETIE 173
Figura 55. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo III y tipo IV de acuerdo al RETIE 173
Figura 56. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo V de acuerdo al RETIE 174
Figura 57. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo VI, tipo VIII, tipo IX y tipo X de acuerdo al RETIE 174

1 Introducción

"El modelo actual de expansión del sector eléctrico representa un gran reto para llevar el servicio de electricidad a la población que vive en las zonas rurales y no interconectadas, por lo tanto, requieren de un entorno institucional y legal que tenga en cuenta las particularidades de la dinámica social, económica y ambiental de dichas zonas, para la implementación de soluciones energéticas estructurales y sostenibles en zonas aisladas y no interconectadas, con baja densidad de población y carencia en infraestructura básica. El numeral 1.3.1.3. del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera, en desarrollo de la "Reforma Rural Integral", señala que, con el propósito de garantizar condiciones de vida digna, el Gobierno Nacional diseñará e implementará un Plan Nacional de Electrificación Rural, PNER, que tendrá en cuenta las diferentes soluciones aplicables en materia energética, las necesidades reportadas por las entidades territoriales y las comunidades, y las condiciones socio ambientales de los hogares, así como alternativas de electrificación individual o colectiva".

"En este sentido y como respuesta a lo establecido en el Decreto 884 de 2017, "Por el cual se expiden normas tendientes a la implementación del Plan Nacional de Electrificación Rural en el marco del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera" el Ministerio de Minas y Energía expidió la Resolución 40809 de agosto 2 de 2018, mediante la cual se adoptaron los lineamientos del Plan Nacional de Electrificación Rural –PNER con focalización en las áreas de posconflicto. Dicho Plan, en su numeral 9.1 "Indicadores generales 2018 – 2031" definió para el IPSE, una estimación indicativa de 21.000 nuevos usuarios para la ampliación del servicio de energía en el periodo 2019 – 2022, focalizados en los municipios PDET, siguiendo los criterios establecidos en los numerales 5.1 a 5.3 para la priorización de recursos y la implementación de proyectos de ampliación de la cobertura, así como los criterios definidos en los supuestos técnicos, financieros, presupuestales, sociales, entre otros."

"Así mismo, en septiembre de 2015, 193 países incluido Colombia, adoptaron un conjunto de objetivos para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos, como parte de la nueva Agenda de Desarrollo, denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS, incluidos en el documento CONPES 3918 de 2018, que establece 16 metas trazadoras y el mismo número de indicadores, para realizar el seguimiento al cumplimiento de los mismos."

"Dentro de los ODS, en su objetivo No 7, se incluyó el de "Energía Asequible y no Contaminante", consistente en garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, dentro del cual se ha planteado como metas:

- Para 2030, garantizar el acceso universal a servicios de energía asequibles, confiables y modernos.

- Para 2030, aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes de energía.

- Para 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

- Para 2030, aumentar la cooperación internacional a fin de facilitar el acceso a la investigación y las tecnologías energéticas no contaminantes, incluidas las fuentes de energía renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructuras energéticas y tecnologías de energía no contaminante.

- Para 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios de energía modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo."

"Con relación a todo lo anterior y en cumplimiento de su misión, el IPSE adelanta el presente estudio contratado para la estructuración y diseño de proyectos energéticos sostenibles para el mejoramiento de la infraestructura eléctrica en las localidades de las Zonas No Interconectadas."

"Igualmente, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 2.2.3.6.3.2.2.1. del Decreto 1073 de 2015, denominado "Lineamientos generales del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE", se preceptúa lo siguiente: "Para el diseño del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, el Ministerio de Minas y Energía tendrá en cuenta aspectos sociales, ambientales, culturales, informativos, financieros y técnicos, a fin de crear las condiciones del Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, según los siguientes criterios:

e) Fomentar la modernización e incorporación de tecnologías y procesos eficientes en la cadena de suministro y uso de los energéticos.

f) Fomentar el uso de energéticos eficientes, económicos y de bajo impacto ambiental.

La meta del Gobierno para el año 2030, es lograr una cobertura del 100%, en la prestación del servicio de energía eléctrica."

"De conformidad con lo dispuesto en el artículo 2.2.3.6.3.2.2.1. del Decreto 1073 de 2015, denominado "Lineamientos generales del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE", se preceptúa lo siguiente: "Para el diseño del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, el Ministerio de Minas y Energía tendrá en cuenta aspectos sociales, ambientales, culturales, informativos, financieros y técnicos, a fin de crear las condiciones del Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, según los siguientes criterios:

a) Fomentar la utilización de fuentes energéticas convencionales y no convencionales con criterios de uso racional y eficiente, incluso a través de sistemas de cogeneración.

g) Fomentar la modernización e incorporación de tecnologías y procesos eficientes en la cadena de suministro y uso de los energéticos.

h) Fomentar el uso de energéticos eficientes, económicos y de bajo impacto ambiental."

"Así mismo, el artículo 2.2.3.3.2.2.3.1. del Decreto 1623 de 2015, denominado Expansión de la Cobertura del Servicio de energía eléctrica en zonas aisladas, señala: "La ampliación de cobertura del servicio de energía eléctrica a usuarios a quienes no sea económicamente eficiente conectar al SIN, se realizará mediante soluciones aisladas centralizadas o individuales y microredes, las cuales serán construidas y operadas principalmente por OR del SIN, o a través de esquemas empresariales tales como Áreas de Servicio Exclusivo, ASE. Dichas inversiones podrán ser realizadas tanto con recursos públicos como con inversiones a riesgo efectuadas por empresas prestadoras del servicio. En este último caso las inversiones serán remuneradas a través de tarifas.

Parágrafo 1. Para la determinación de las soluciones aisladas mencionadas en este artículo, las empresas deberán priorizar fuentes no convencionales de energía o gas licuado de petróleo, según sea económicamente eficiente.

Parágrafo 2. La vinculación de capital privado en la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica continuará rigiéndose exclusivamente por lo establecido en la Ley 142 de 1994 y en el régimen de ASE."

"Una de las necesidades, es la identificación, formulación, estructuración y diseño de proyectos desde su fase de perfil, hasta llevarlos a factibilidad y diseño de detalle, priorizando soluciones energéticas sostenibles con fuentes convencionales y no convencionales, que incluye generación y distribución de energía a los usuarios. En este caso, la formulación y estructuración de proyectos permite definir la solución técnica y financiera más adecuada para cada región, ya sea mediante proyectos de interconexión, soluciones centralizadas o soluciones aisladas con fuentes convencionales y no convencionales de energía, que permiten llegar a usuarios dispersos en la geografía nacional. Por lo anterior, la formulación, estructuración y diseño de proyectos que se deriven del eventual contrato que se suscriba, cumplirán en todo con los preceptos de sostenibilidad y eficiencia energética."

"Además, la estructuración de proyectos permite desarrollar la etapa previa a la implementación de proyectos energéticos, orientados al cumplimiento de las metas fijadas en la Matriz Marco de Implementación de Acuerdos para la Paz – MPI, cuya estrategia de "Garantizar el acceso y la ampliación de la cobertura eléctrica" tiene dos líneas de acción: "Ampliación de cobertura eléctrica" y "Promoción y aplicación de soluciones tecnológicas apropiadas de generación de energía". Los indicadores asociados a estas líneas de trabajo apuntan al cumplimiento de las metas fijadas en cuanto a nuevos usuarios con servicio de energía eléctrica y capacidad instalada de fuentes no convencionales de energía y de soluciones tipo híbrido en las ZNI, los cuales se reportan al DNP en el Sistema Integrado de Información para el Posconflicto, con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el IPSE y por el sector minero energético en los acuerdos de paz."

"Las metas sectoriales definidas en el Plan Nacional de Electrificación Rural - PNER en cuanto a cobertura para las ZNI, se revisaron y actualizaron en mesas de trabajo con funcionarios del Ministerio de Minas y Energía, en donde se estableció para los próximos cuatro años desarrollar proyectos energéticos para 100.000 nuevos usuarios, 90.000 de ellos en áreas rurales, lo cual exige al IPSE, a través de la Subdirección de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas, un trabajo coordinado, riguroso, concertado y eficaz en la formulación, estructuración y diseño de proyectos energéticos sostenibles, a fin de ser implementados con recursos asignados al instituto por el PGN o presentados a los diferentes fondos de financiación para asignación de recursos."
"Por lo anotado anteriormente, se determinó como alternativa viable, en primer lugar, la formulación, estructuración y diseño de soluciones técnica y financieramente viables en zonas rurales de las ZNI, las cuales, en su alcance, llevan como componente esencial el esquema de sostenibilidad y el análisis presupuestal, lo que hace que su ejecución garantice una buena implementación en etapas posteriores."

"Según se establece en el Índice Cobertura de Energía Eléctrica - ICEE 2018 publicado por la UPME, (que se encuentra en etapa de comentarios), existen aún 504.878 familias, que no cuentan con el servicio básico de energía eléctrica en nuestro país, de las cuales, se contempla que 207.656 corresponden a las Zonas No Interconectadas - ZNI. En este sentido y en concordancia con la misión del IPSE, se hace necesario identificar, formular, estructurar y diseñar las soluciones energéticas más viables técnica y financieramente para estas comunidades, teniendo en cuenta sus posibilidades de desarrollo al contar con el servicio de la energía y sus capacidades para garantizar la sostenibilidad a futuro de cada proyecto."

"Teniendo en cuenta lo anterior, se hace evidente la necesidad de la formulación, estructuración y diseño de proyectos energéticos sostenibles, ya que, por tratarse de un proyecto de infraestructura, orientado a satisfacer alguna necesidad básica, debe surtir necesariamente las etapas de prefactibilidad, factibilidad y diseño para poder garantizar una buena ejecución posterior, a costos razonables y con criterios de sostenibilidad en el tiempo."

(Fuente: Pliego de Condiciones IPSE-SPE-CM-001-2020 y Contrato de Consultoría No. 057 – 2020).

En base a todo lo anteriormente expuesto, el IPSE efectúa la contratación de la consultoría para el grupo 2: Región Caribe y Antioquia, con el CONSORCIO CONSENER 2020, para *"Formular, estructurar y diseñar proyectos energéticos sostenibles para la ampliación de la cobertura en las localidades de las zonas no interconectadas del País – Región Caribe y Antioquia",* para un total de cuatro mil novecientos cincuenta y cuatro (4.954) usuarios.

Dentro del contexto anterior este documento expone el diseño técnico necesario para una solución energética mediante la implementación de sistemas individuales solares fotovoltaicas (SISFV), que de acuerdo al análisis técnico, económico y ambiental, arroja ser la fuente energética óptima para implementar en el Municipio de Ríohacha, Departamento de La Guajira, brindando un servicio de energía eléctrica confiable, seguro y continuo (24 horas diarias haciendo uso racional de la energía), satisfaciendo las necesidades básicas, para que sus habitantes gocen de buenas condiciones de vida

y confort, de tal forma que puedan acceder a la refrigeración, el proceso de alimentos, la iluminación, el esparcimiento y el acceso a las TICS.

En el presente estudio se contempla el SISFV como la solución más apropiada para las familias de las comunidades asentadas en las ZNI del Municipio de Ríohacha, Departamento de La Guajira, debido a las buenas condiciones de potencial solar en esta zona de Colombia. Según la información recolectada en campo, durante el desarrollo del contrato de consultoría No. 057-2020 celebrado entre el IPSE y el CONSORCIO CONSENER 2020, se levantan noventa y cuatro (94) usuarios consistentes en instituciones educativas distribuidas en comunidades indígenas “Wayuu” del municipio de Ríohacha en el Departamento de La Guajira.

2 Localización del proyecto

En coordinación con la Alcaldía de Ríohacha y su respectiva Oficina de Planeación Municipal y la Secretaría de Educación, ubicada en el Departamento de La Guajira, junto con el IPSE y el operador de red de la zona, AIR-E S.A.S. E.S.P., se seleccionan los instituciones educativas de las comunidades indígenas ubicadas en las ZNI del municipio objeto de este estudio, sin servicio de electricidad, para efectuar el levantamiento de dichas instituciones, con el fin de caracterizar su consumo energético y diseñar el SISFV que garantice dicho servicio público.

En la siguiente figura se detalla el mapa del Municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ubicado en la región Caribe Colombiana.

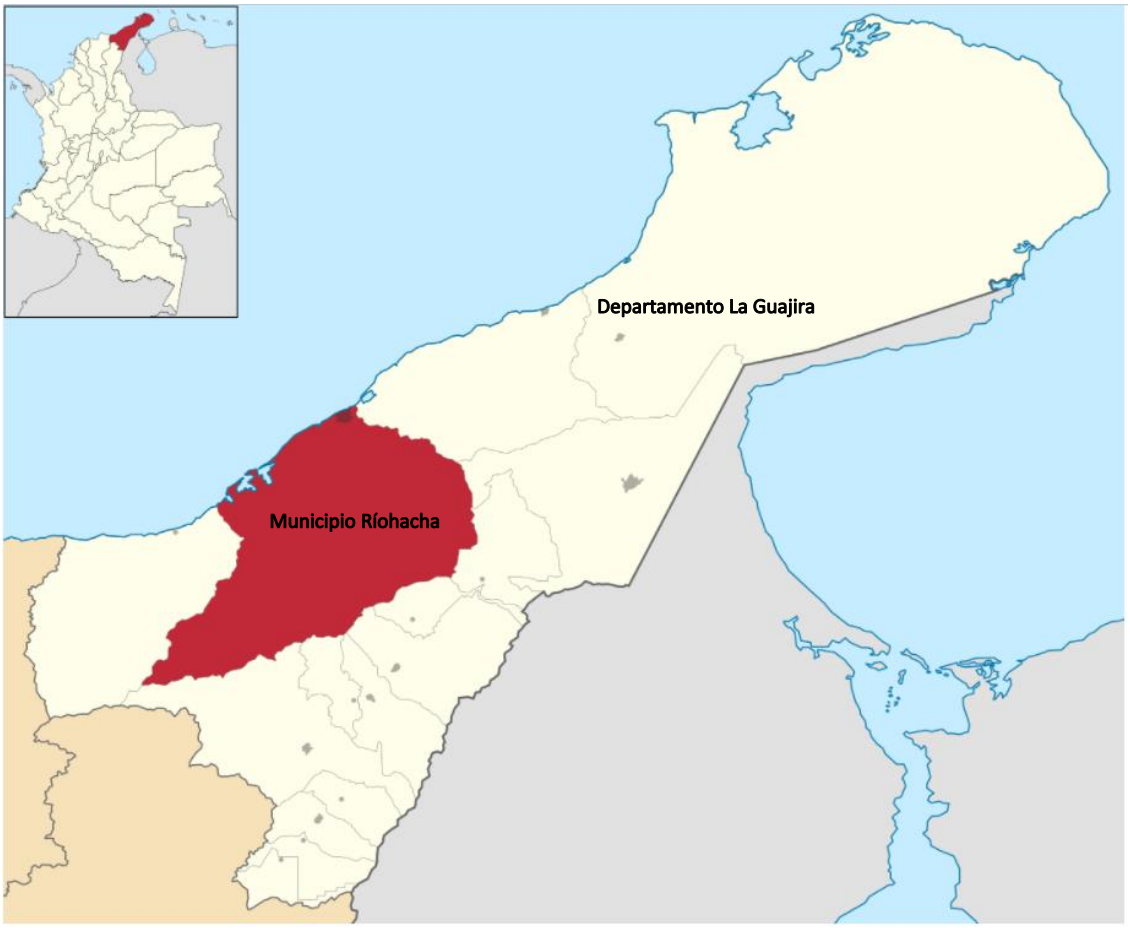


Figura 1. Mapa del Municipio de Ríohacha, Departamento de La Guajira.
Fuente: Wikipedia

3 No. de usuarios a beneficiar

En el proyecto se levantaron noventa y cuatro (94) usuarios rurales dispersos correspondientes a instituciones educativas, distribuidos en comunidades indígenas en las ZNI del Municipio de Ríohacha, ubicado en el Departamento de La Guajira. Con el fin de dimensionar los sistemas individuales solares fotovoltaicos se clasifican las instituciones educativas levantadas de acuerdo al número de estudiantes que atienden, según la información obtenida de las encuestas y la suministrada por la Secretaría de Educación del Municipio de Ríohacha, como se muestra en las siguientes tablas.

I.E. TIPO I - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	ALAINAWAO	30
2	ARROYITO	23
3	BELEN	35
4	CAMARONES	28
5	CANEWAIN	18
6	CASCABEL	35
7	CHARALITO	22
8	COUCHALAN	32
9	CURRIAMANA	23
10	DIOS VERA	30
11	DIVIDIVI	18
12	ETKISHIMANA	23
13	GELLUPURE	25
14	GUAYABAL	20
15	JAIMANA	23
16	JEPEIN	30
17	JIEN	26
18	JOKOMAO	30
19	KASUTALAIN	25
20	KEMIONMANA	32
21	LA PLAZOLETA	25
22	LIMASIRRA	25
23	MAKUREMA	27
24	MANAMON	25
25	MARIAN GOLA	33
26	MAROUYEN	34
27	MONTAÑITA	25
28	MONTEVERDE	16
29	OCHO PALMAS WAYUU	27
30	PALMARITO	32
31	PASUAN	26
32	SABANA PIEDRA	25
33	SANTA LUCIA	27
34	SHURUINPA	26
35	SINAMAICA	30
36	SUSULEIN	34
37	TOOLINCHI	35
38	TOURETAKAT	25
39	WAIRRAKAT	27
40	WARARAMANA	28
41	WAYAWIKAT	24
42	WUALUAIN	28
TOTAL		**1132**

Tabla 1. Instituciones educativas Tipo I (Hasta 35 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO II - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	AMUTKOU	36
2	ANGOSTURA	40
3	BUENOS AIRES	36
4	CAIMARA	40
5	EL MOJAN	42
6	GUAYAVITAL	40
7	ICHICHON	38
8	JIRRAWAIKAT	50
9	JONCHA	42
10	KACHIRAIN	36
11	KANNNJAPURUMANA	45
12	LIMONAL	48
13	MALAWAINKAT	42
14	PACTAIN	40
15	SABANA	45
16	SALARITO	50
17	SANTA CRUZ	42
18	TABLAZO	45
19	URUMASHIMANA	40
20	USIMANA	36
21	VILLA MARTÍN (SEDE 1)	38
22	VILLA MARTÍN (SEDE 3)	50
23	WASIMO	40
24	YAWAARAMANA	45
TOTAL		**1006**

Tabla 2. Instituciones educativas Tipo II (Entre 36 y 55 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO III - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	CAMARONES	67
2	CARDONAL	75
3	GALILEA	70
4	IPAMANA	60
5	JASAISHIAO	67
6	JOPE	57
7	JULUAINPA	70
8	KAIPA	60
9	KALLETAMANA	60
10	KOROYO	60
11	LOS REMEDIOS	64
12	MULUJUICHON	60
13	SANTA CLARA 2	63
14	SOLIVITA	65
15	VILLA MARTÍN (SEDE 2)	75
TOTAL		**973**

Tabla 3. Instituciones educativas Tipo III (Entre 56 y 75 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO IV - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	ALJOTE	83
2	KANTIMANA	87
3	URRAINCHI	100
TOTAL		**270**

Tabla 4. Instituciones educativas Tipo IV (Entre 76 y 100 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO V - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	WOYOTMANA	102
TOTAL		**102**

Tabla 5. Instituciones educativas Tipo V (Entre 101 y 150 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO VI - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	BALLENETAMANA	200
2	PULITCHAMANA	192
3	UNAAPUCHON	181
TOTAL		**573**

Tabla 6. Instituciones educativas Tipo VI (Entre 151 y 200 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO VIII - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	GUACHAQUERO	430
2	LOS REMEDIOS	309
TOTAL		**739**

Tabla 7. Instituciones educativas Tipo VIII (Entre 301 y 450 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO IX - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	CUCURUMANA	455
2	MURRAI	456
TOTAL		**911**

Tabla 8. Instituciones educativas Tipo IX (Entre 451 y 600 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

I.E. TIPO X - MUNICIPIO RÍOHACHA - LA GUAJIRA		
No.	**NOMBRE INSTITUCIÓN EDUCATIVA**	**No. ESTUDIANTES**
1	EL PARAISO	700
2	KAMUCHASAIN	721
TOTAL		**1421**

Tabla 9. Instituciones educativas Tipo X (Entre 601 y 750 estudiantes) de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

RESUMEN INSTITUCIONES EDUCATIVAS MUNICIPIO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA		
TIPO I.E.	**No. I.E.**	**No. ESTUDIANTES**
TIPO I (HASTA 35 ESTUDIANTES)	42	1132
TIPO II (ENTRE 36 Y 55 ESTUDIANTES)	24	1006
TIPO III (ENTRE 56 Y 75 ESTUDIANTES)	15	973
TIPO IV (ENTRE 76 Y 100 ESTUDIANTES)	3	270
TIPO V (ENTRE 101 Y 150 ESTUDIANTES)	1	102
TIPO VI (ENTRE 151 Y 200 ESTUDIANTES)	3	573
TIPO VIII (ENTRE 301 Y 450 ESTUDIANTES)	2	739
TIPO IX (ENTRE 451 Y 600 ESTUDIANTES)	2	911
TIPO X (ENTRE 601 Y 750 ESTUDIANTES)	2	1421
TOTAL	**94**	**7127**

Tabla 10. Resumen instituciones educativas de las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

4 Caracterización de la carga

A continuación se detalla la caracterización de la carga de los noventa y cuatro (94) usuarios consistentes en instituciones educativas levantados en las comunidades indígenas del municipio de Ríohacha, objeto del presente estudio, en el departamento de La Guajira, de acuerdo a los aparatos eléctricos requeridos, y según las necesidades energéticas arrojadas por las encuestas realizadas.

Con el fin de dimensionar los sistemas individuales solares fotovoltaicos se clasifican las instituciones educativas detalladas en las Tablas 1 a 9 de acuerdo al número de estudiantes que atienden, según la información arrojada por las encuestas y la suministrada por la Secretaría de Educación del Municipio de Ríohacha.

4.1 Instituciones educativas tipo I

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las cuarenta y dos (42) instituciones educativas tipo I, las cuales atienden hasta treinta y cinco (35) estudiantes cada una.

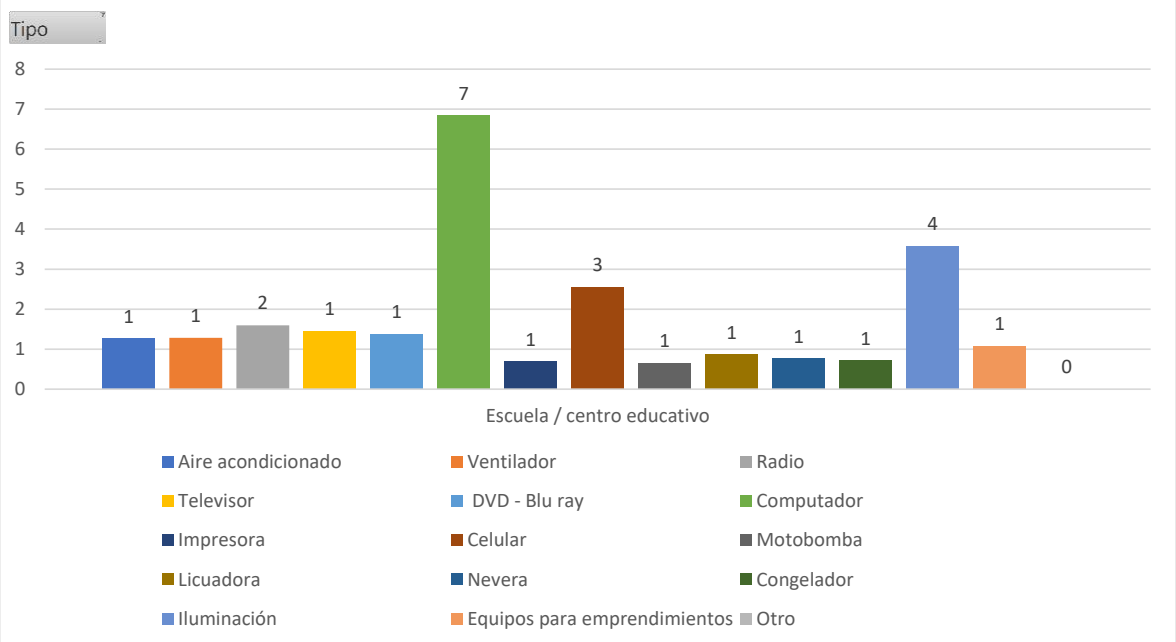


Figura 2. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo I, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	2
Lámpara LED	45	4
TV LED 32"	70	1
Congelador 150 Lt	70	1
Electrobomba 1/4 HP	200	1
Equipo Audio	25	1
Licuadora	450	1
Tablet	40	6
Cargador Celular	5	2

Tabla 11. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo I en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo I, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		TV LED 32"	Congelador 150 Lt	Electrobomba 1/4 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	70 W	70 W	200 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	Kwh-mes
0				0,1						70	7	0,21
1				0,1						70	7	0,21
2				0,1						70	7	0,21
3				0,1						70	7	0,21
4				0,1						70	7	0,21
5				0,2						70	14	0,43
6				0,3						70	21	0,64
7				0,3						70	21	0,64
8				0,3		1			1	100	51	1,55
9				0,4		1				95	53	1,61
10				0,4		1		6		335	293	8,91
11			1	0,5		1		6		405	370	11,25
12			1	0,5	0,2		0,2		1	795	240	7,30
13			1	1						140	140	4,26
14				1						70	70	2,13
15				0,5						70	35	1,06
16				0,5						70	35	1,06
17				0,4						70	28	0,85
18	2	4		0,2						268	212	6,45
19				0,2						70	14	0,43
20				0,2						70	14	0,43
21				0,2						70	14	0,43
22				0,2						70	14	0,43
23				0,2						70	14	0,43
TOTAL	2	4	3	8	0,2	4	0,2	12	2	795	1688	51

Tabla 12. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo I es de un consumo diario de 1688 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 51 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo I ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo I, de acuerdo a la Tabla 12.

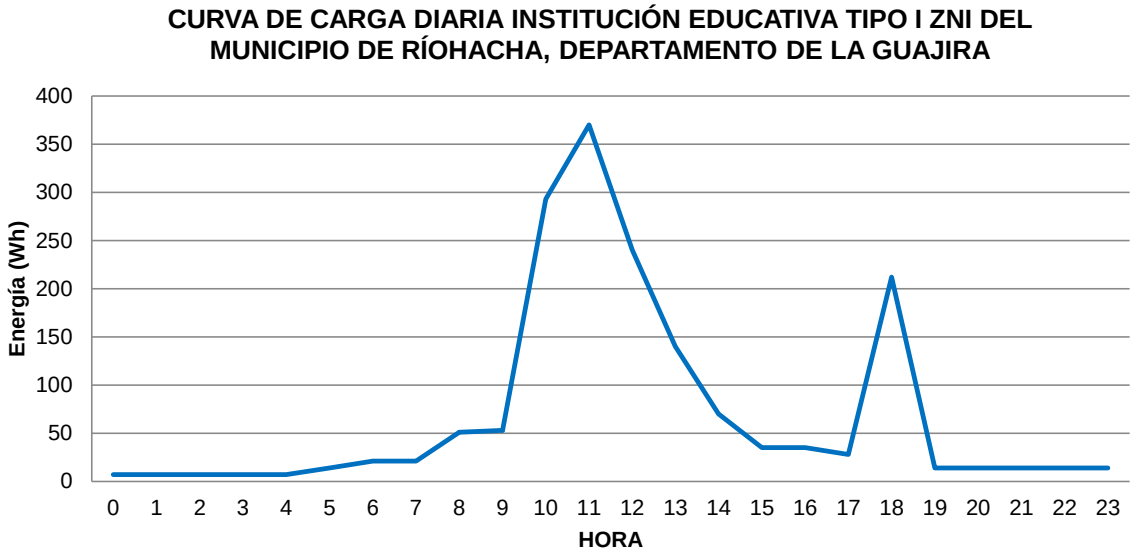


Figura 3. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	52
Febrero	28	47
Marzo	31	52
Abril	30	51
Mayo	31	52
Junio	30	51
Julio	31	52
Agosto	31	52
Septiembre	30	51
Octubre	31	52
Noviembre	30	51
Diciembre	31	52
Anual	**365**	**616**

Tabla 13. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

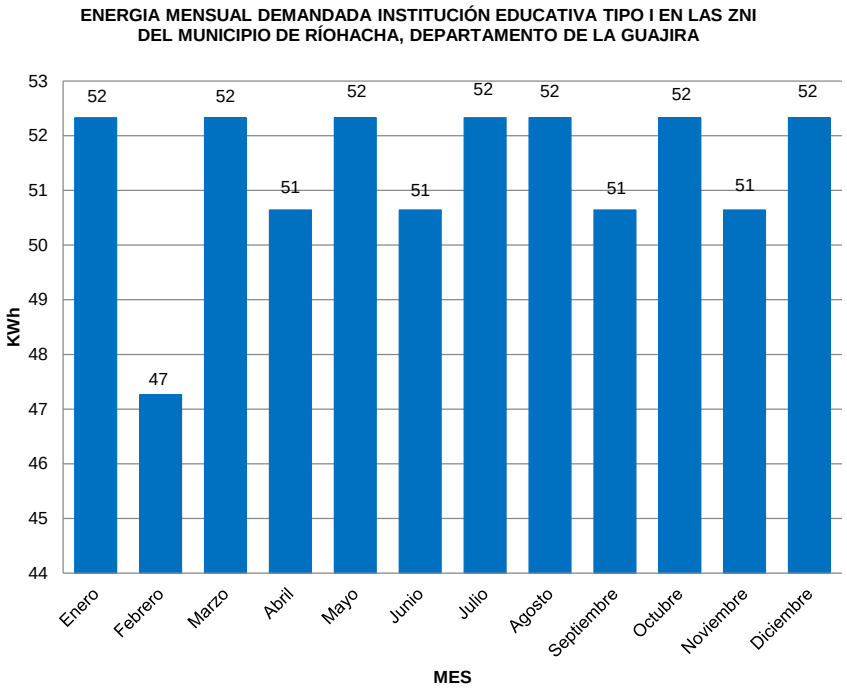


Figura 4. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo I en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.2 Instituciones educativas tipo II

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las veinticuatro (24) instituciones educativas tipo II, las cuales atienden entre treinta y seis (36) y cincuenta y cinco (55) estudiantes cada una.

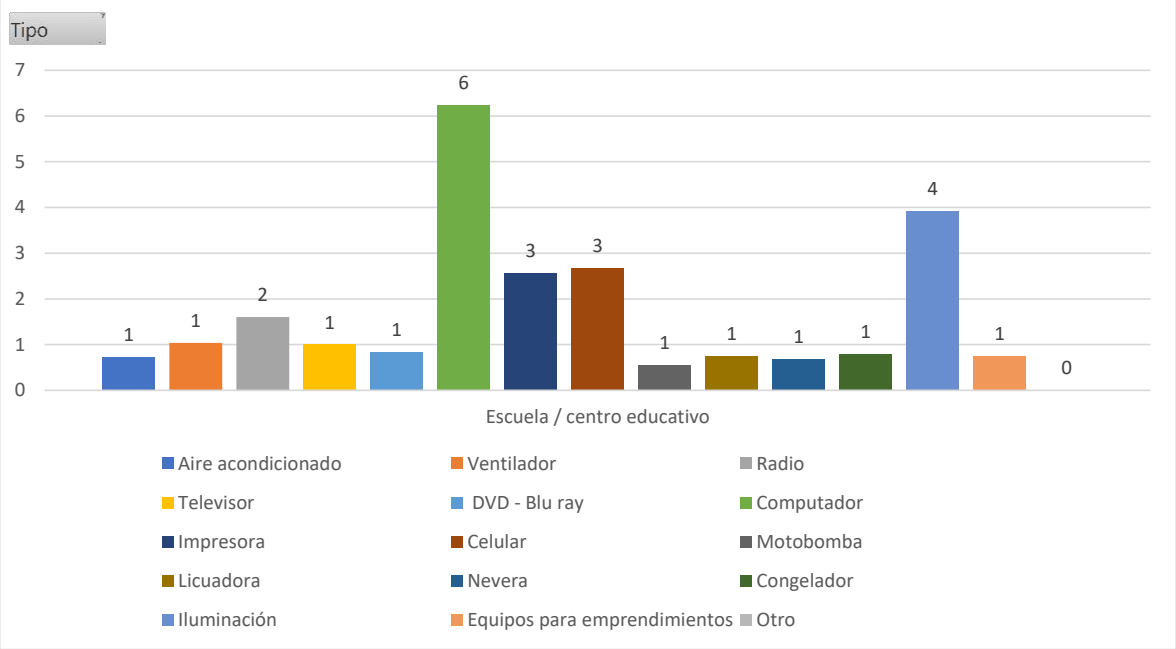


Figura 5. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo II, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	4
Lámpara LED	45	8
TV LED 32"	70	1
Nevera 135 Lt	70	1
Congelador 150 Lt	70	1
Electrobomba 1/4 HP	200	1
Equipo Audio	25	1
Licuadora	450	1
Tablet	40	9
Cargador Celular	5	2

Tabla 14. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo II en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo II, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		TV LED 32"	Nevera 135 Lt	Congelador 150 Lt	Electrobomba 1/4 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	70 W	70 W	70 W	200 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0				0,1	0,1						140	14	0,43
1				0,1	0,1						140	14	0,43
2				0,1	0,1						140	14	0,43
3				0,1	0,1						140	14	0,43
4				0,1	0,1						140	14	0,43
5				0,2	0,2						140	28	0,85
6				0,3	0,3						140	42	1,28
7				0,3	0,3						140	42	1,28
8				0,3	0,3		1			2	175	77	2,34
9				0,4	0,4		1				165	81	2,46
10				0,4	0,4		1				165	81	2,46
11			1	0,5	0,5		1		9		595	525	15,97
12			1	0,5	0,5	0,3		0,3	9	2	1230	705	21,44
13			1	1	1						210	210	6,39
14				1	1						140	140	4,26
15				0,5	0,5						140	70	2,13
16				0,5	0,5						140	70	2,13
17				0,4	0,4						140	56	1,70
18	4	8		0,2	0,2						536	424	12,90
19				0,2	0,2						140	28	0,85
20				0,2	0,2						140	28	0,85
21				0,2	0,2						140	28	0,85
22				0,2	0,2						140	28	0,85
23				0,2	0,2						140	28	0,85
TOTAL	4	8	3	8	8	0,3	4	0,3	18	4	1230	2761	84

Tabla 15. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo II es de un consumo diario de 2761 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 84 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo II ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo II, de acuerdo a la Tabla 15.

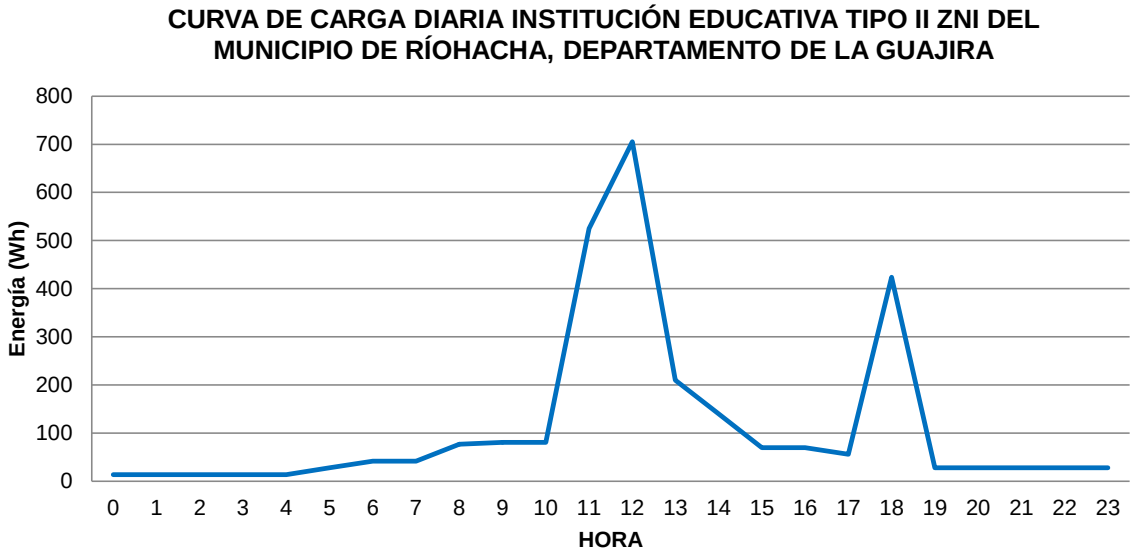


Figura 6. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	86
Febrero	28	77
Marzo	31	86
Abril	30	83
Mayo	31	86
Junio	30	83
Julio	31	86
Agosto	31	86
Septiembre	30	83
Octubre	31	86
Noviembre	30	83
Diciembre	31	86
Anual	365	1008

Tabla 16. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

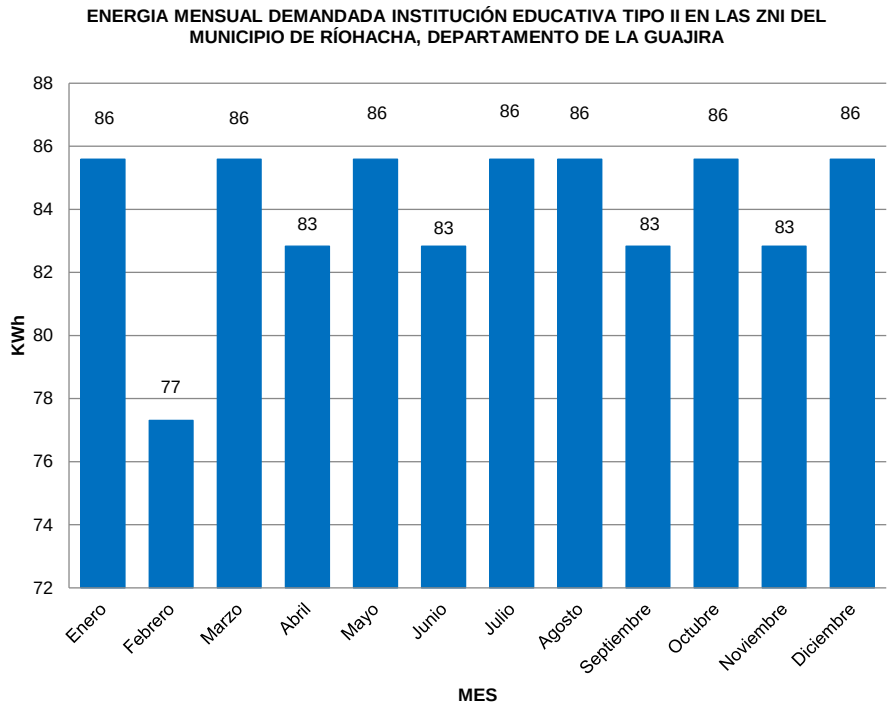


Figura 7. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo II en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.3 Instituciones educativas tipo III

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las quince (15) instituciones educativas tipo III, las cuales atienden entre cincuenta y seis (56) y setenta y cinco (75) estudiantes cada una.

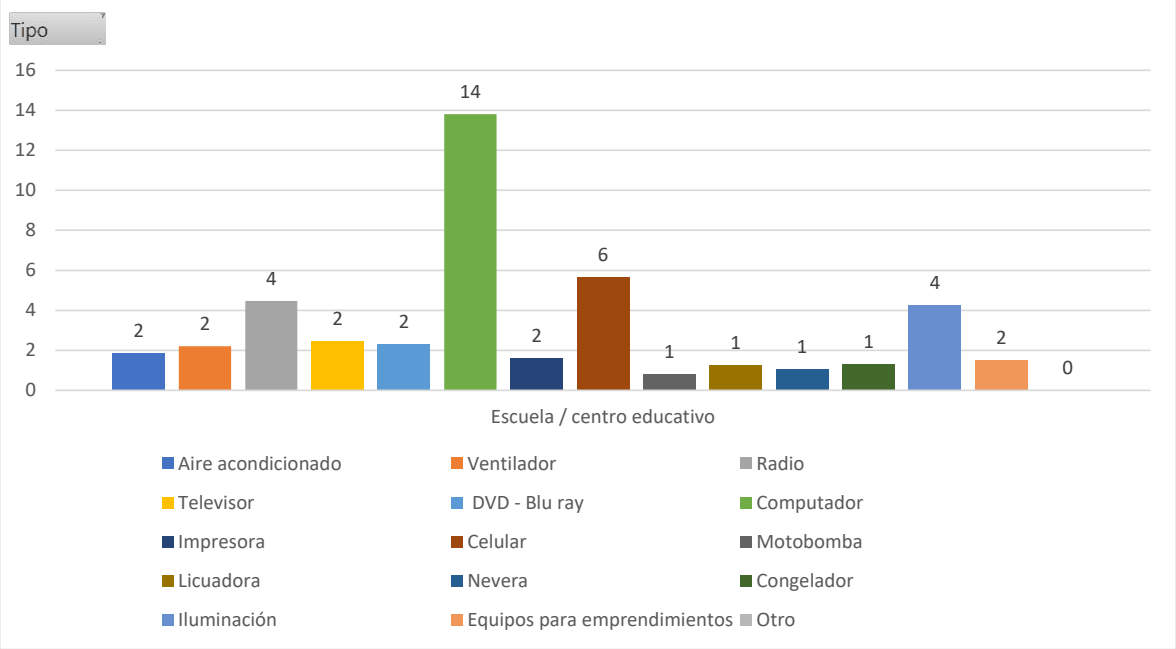


Figura 8. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo III, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	6
Lámpara LED	45	12
TV LED 40"	100	1
Nevera 135 Lt	70	1
Congelador 150 Lt	70	1
Electrobomba 1/3 HP	250	1
Equipo Audio	25	1
Licuadora	450	1
Tablet	40	12
Cargador Celular	5	3

Tabla 17. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo III en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo III, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		TV LED 40"	Nevera 135 Lt	Congelador 150 Lt	Electrobomba 1/3 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	100 W	120 W	120 W	250 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0				0,1	0,1						140	14	0,43
1				0,1	0,1						140	14	0,43
2				0,1	0,1						140	14	0,43
3				0,1	0,1						140	14	0,43
4				0,1	0,1						140	14	0,43
5				0,2	0,2						140	28	0,85
6				0,3	0,3						140	42	1,28
7				0,3	0,3						140	42	1,28
8				0,3	0,3		1			3	180	82	2,49
9				0,4	0,4		1				165	81	2,46
10				0,4	0,4		1				165	81	2,46
11			1	0,5	0,5		1		12		745	675	20,53
12			1	0,5	0,5	0,3		0,4	12	3	1435	920	27,98
13			1	1	1						240	240	7,30
14				1	1						140	140	4,26
15				0,5	0,5						140	70	2,13
16				0,5	0,5						140	70	2,13
17				0,4	0,4						140	56	1,70
18	6	12		0,2	0,2						734	622	18,92
19				0,2	0,2						140	28	0,85
20				0,2	0,2						140	28	0,85
21				0,2	0,2						140	28	0,85
22				0,2	0,2						140	28	0,85
23				0,2	0,2						140	28	0,85
TOTAL	6	12	3	8	8	0,3	4	0,4	24	6	1435	3359	102

Tabla 18. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo III es de un consumo diario de 3359 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 102 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo III ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo III, de acuerdo a la Tabla 18.

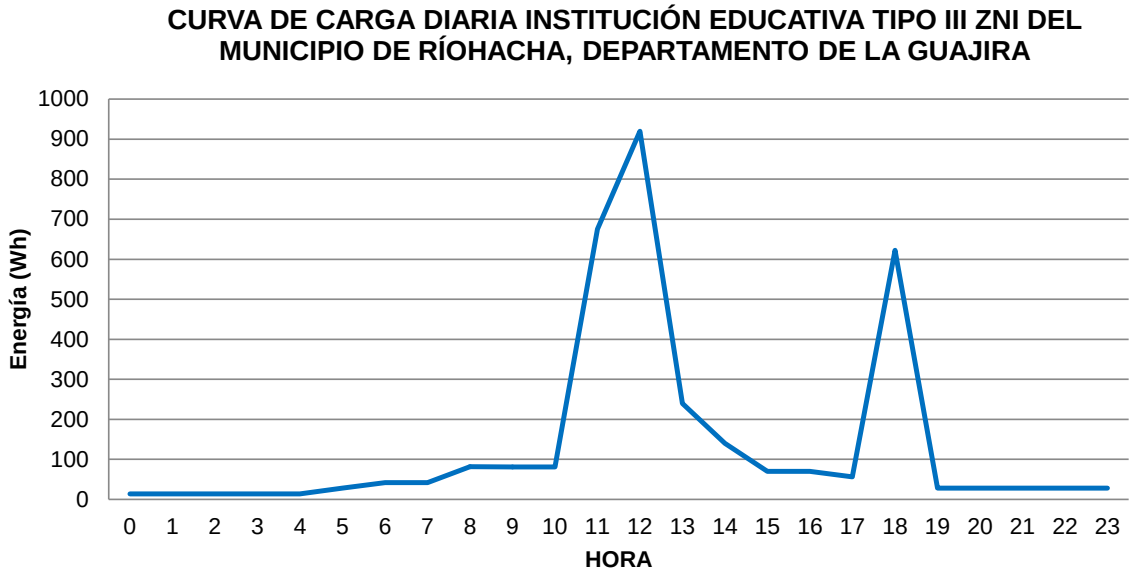


Figura 9. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	104
Febrero	28	94
Marzo	31	104
Abril	30	101
Mayo	31	104
Junio	30	101
Julio	31	104
Agosto	31	104
Septiembre	30	101
Octubre	31	104
Noviembre	30	101
Diciembre	31	104
Anual	**365**	**1226**

Tabla 19. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

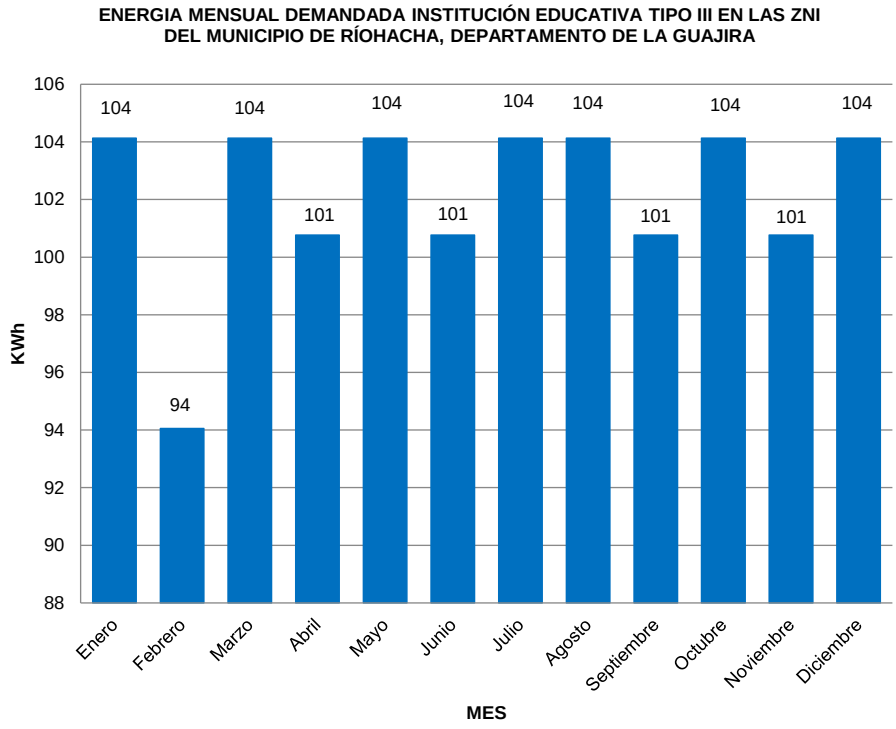


Figura 10. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo III en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.4 Instituciones educativas tipo IV

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las tres (3) instituciones educativas tipo IV, las cuales atienden entre setenta y seis (76) y cien (100) estudiantes cada una.

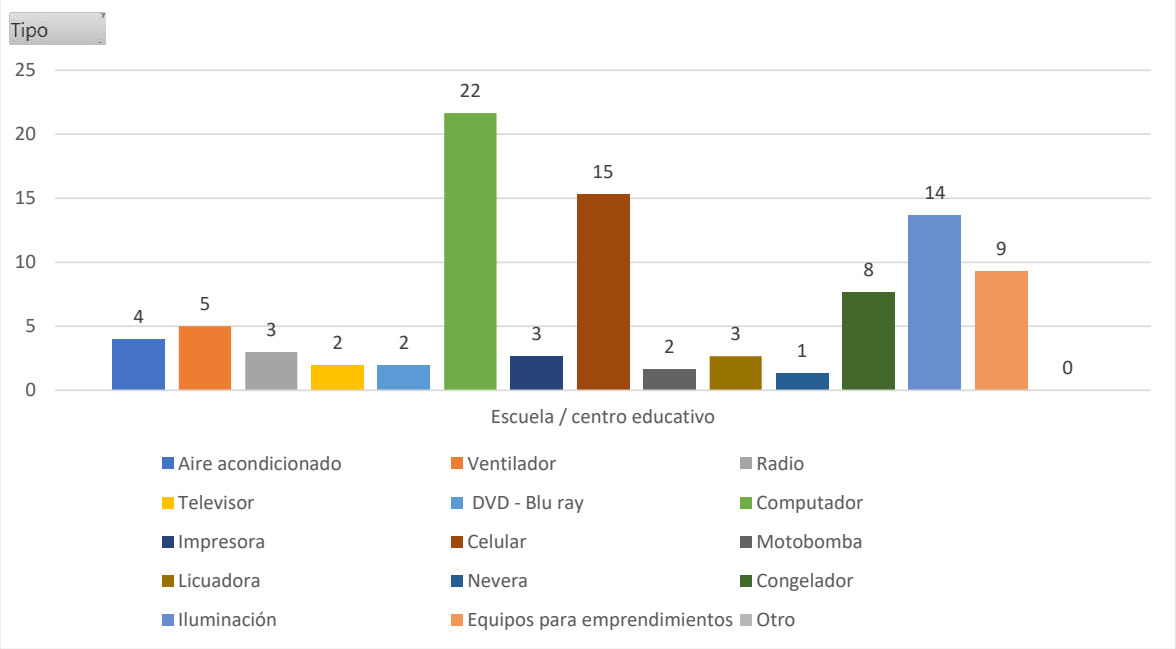


Figura 11. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo IV, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	8
Lámpara LED	45	16
Ventilador	60	2
TV LED 40"	100	1
Nevera 300 Lt	120	1
Congelador 300 Lt	120	1
Electrobomba 1/3 HP	250	1
Equipo Audio	25	1
Licuadora	450	1
Tablet	40	15
Cargador Celular	5	4

Tabla 20. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo IV en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo IV, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		Ventilador	TV LED 40"	Nevera 300 Lt	Congelador 300 Lt	Electrobomba 1/3 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	60 W	100 W	120 W	120 W	250 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0					0,1	0,1						240	24	0,73
1					0,1	0,1						240	24	0,73
2					0,1	0,1						240	24	0,73
3					0,1	0,1						240	24	0,73
4					0,1	0,1						240	24	0,73
5					0,2	0,2						240	48	1,46
6					0,3	0,3						240	72	2,19
7					0,3	0,3						240	72	2,19
8					0,3	0,3		1			4	285	117	3,56
9				1	0,4	0,4		1				365	221	6,72
10			2	1	0,4	0,4		1		15		1085	941	28,62
11			2	1	0,5	0,5		1		15		1085	965	29,35
12			2	1	0,5	0,5	0,4		0,5	15	4	1780	1285	39,09
13				1	1	1						340	340	10,34
14					1	1						240	240	7,30
15					0,5	0,5						240	120	3,65
16					0,5	0,5						240	120	3,65
17					0,4	0,4						240	96	2,92
18	6	12			0,2	0,2						834	642	19,53
19					0,2	0,2						240	48	1,46
20					0,2	0,2						240	48	1,46
21					0,2	0,2						240	48	1,46
22					0,2	0,2						240	48	1,46
23					0,2	0,2						240	48	1,46
TOTAL	6	12	6	5	8	8	0,4	4	0,5	45	8	1780	5639	172

Tabla 21. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo IV es de un consumo diario de 5639 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 172 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo IV ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo IV, de acuerdo a la Tabla 21.

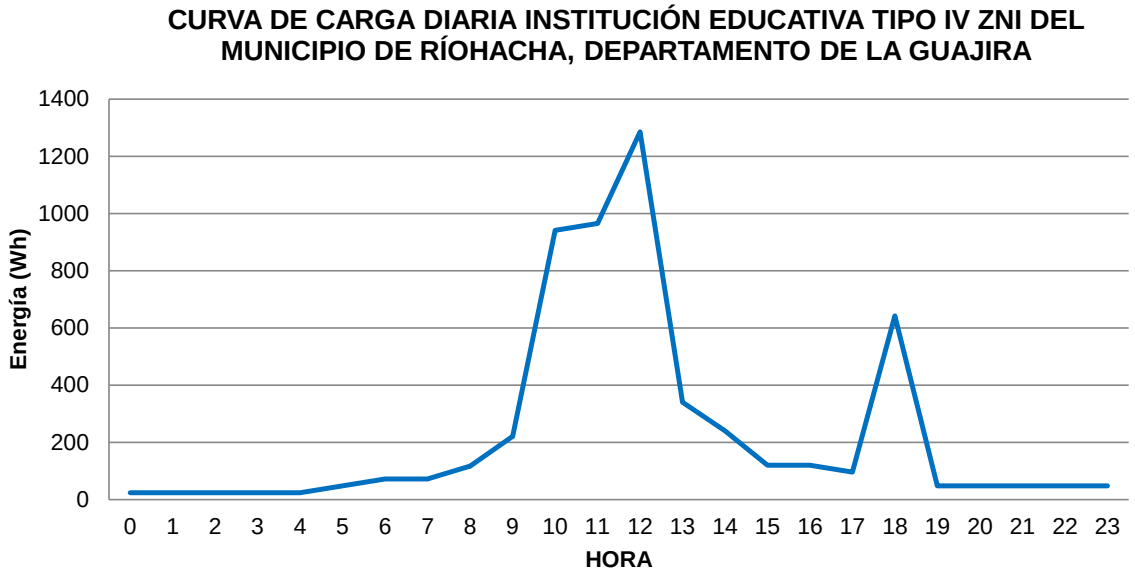


Figura 12. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	175
Febrero	28	158
Marzo	31	175
Abril	30	169
Mayo	31	175
Junio	30	169
Julio	31	175
Agosto	31	175
Septiembre	30	169
Octubre	31	175
Noviembre	30	169
Diciembre	31	175
Anual	365	2058

Tabla 22. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

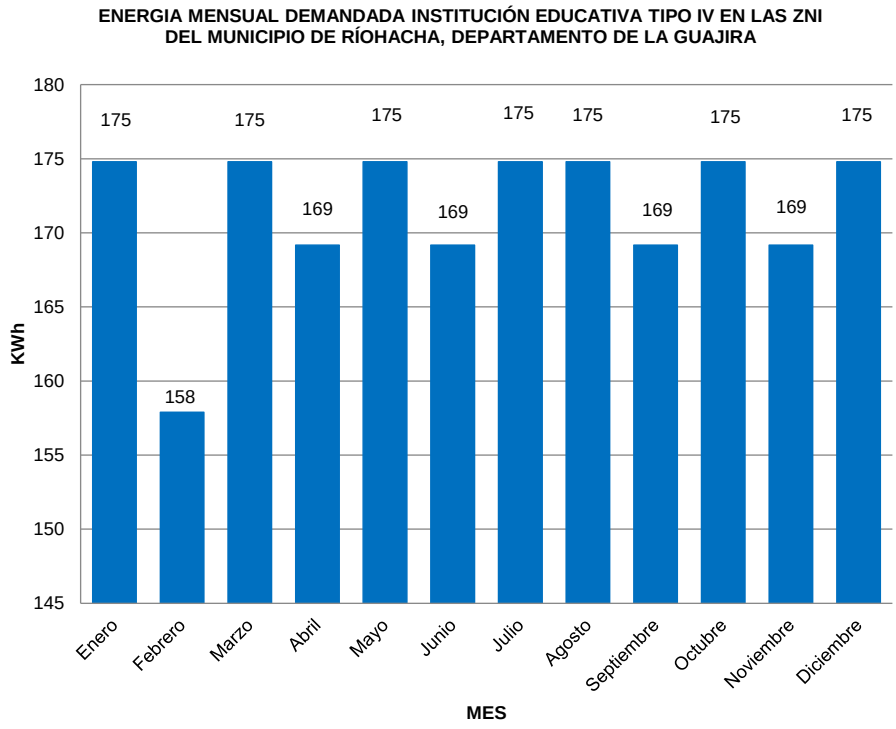


Figura 13. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo IV en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.5 Instituciones educativas tipo V

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a una (1) institución educativa tipo V, la cual atiende entre ciento un (101) y ciento cincuenta (150) estudiantes.

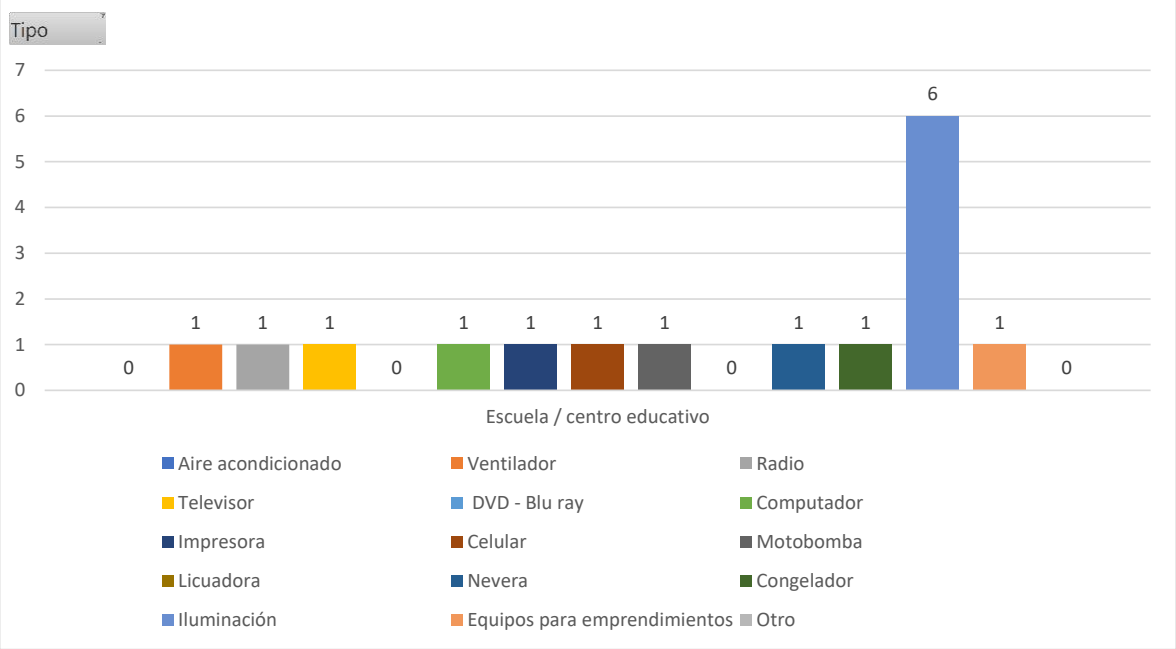


Figura 14. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo V, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	12
Lámpara LED	45	24
Ventilador	60	4
TV LED 40"	100	2
Nevera 500 Lt	160	1
Congelador 500 Lt	160	1
Electrobomba 1/2 HP	375	1
Equipo Audio	25	1
Licuadora	450	1
Tablet	40	20
Cargador Celular	5	6

Tabla 23. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo V en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo V, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		Ventilador	TV LED 40"	Nevera 500 Lt	Congelador 500 Lt	Electrobomba 1/2 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	60 W	100 W	160 W	160 W	375 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0					0,1	0,1						320	32	0,97
1					0,1	0,1						320	32	0,97
2					0,1	0,1						320	32	0,97
3					0,1	0,1						320	32	0,97
4					0,1	0,1						320	32	0,97
5					0,2	0,2						320	64	1,95
6					0,3	0,3						320	96	2,92
7					0,3	0,3						320	96	2,92
8					0,3	0,3		1			6	375	151	4,59
9					0,4	0,4		1				345	153	4,65
10					0,4	0,4		1				345	153	4,65
11				2	0,5	0,5		1		20	6	1375	1215	36,96
12			4	2	0,5	0,5	0,5	1	0,7	20		2410	1928	58,63
13				2	1	1						520	520	15,82
14					1	1						320	320	9,73
15					0,5	0,5						320	160	4,87
16					0,5	0,5						320	160	4,87
17					0,4	0,4						320	128	3,89
18	12	24			0,2	0,2						1508	1252	38,08
19					0,2	0,2						320	64	1,95
20					0,2	0,2						320	64	1,95
21					0,2	0,2						320	64	1,95
22					0,2	0,2						320	64	1,95
23					0,2	0,2						320	64	1,95
TOTAL	12	24	4	6	8	8	0,5	5	0,7	40	12	2410	6876	209

Tabla 24. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo V es de un consumo diario de 6876 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 209 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo V ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo V, de acuerdo a la Tabla 24.

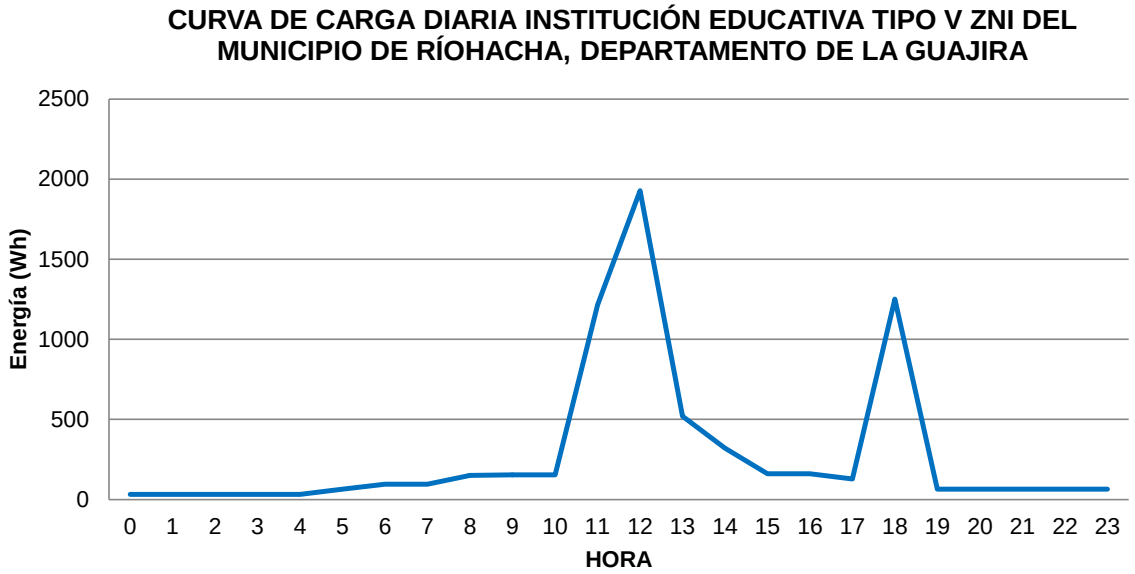


Figura 15. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	213
Febrero	28	193
Marzo	31	213
Abril	30	206
Mayo	31	213
Junio	30	206
Julio	31	213
Agosto	31	213
Septiembre	30	206
Octubre	31	213
Noviembre	30	206
Diciembre	31	213
Anual	**365**	**2510**

Tabla 25. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

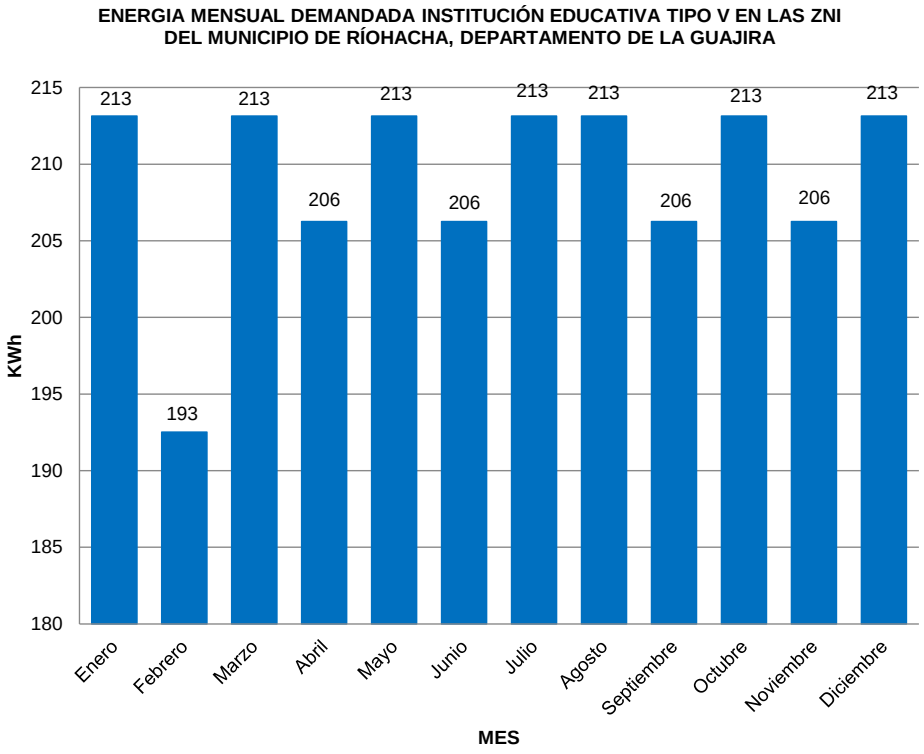


Figura 16. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo V en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.6 Instituciones educativas tipo VI

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las tres (3) instituciones educativas tipo VI, las cuales atienden entre ciento cincuenta y un (151) y doscientos (200) estudiantes cada una.

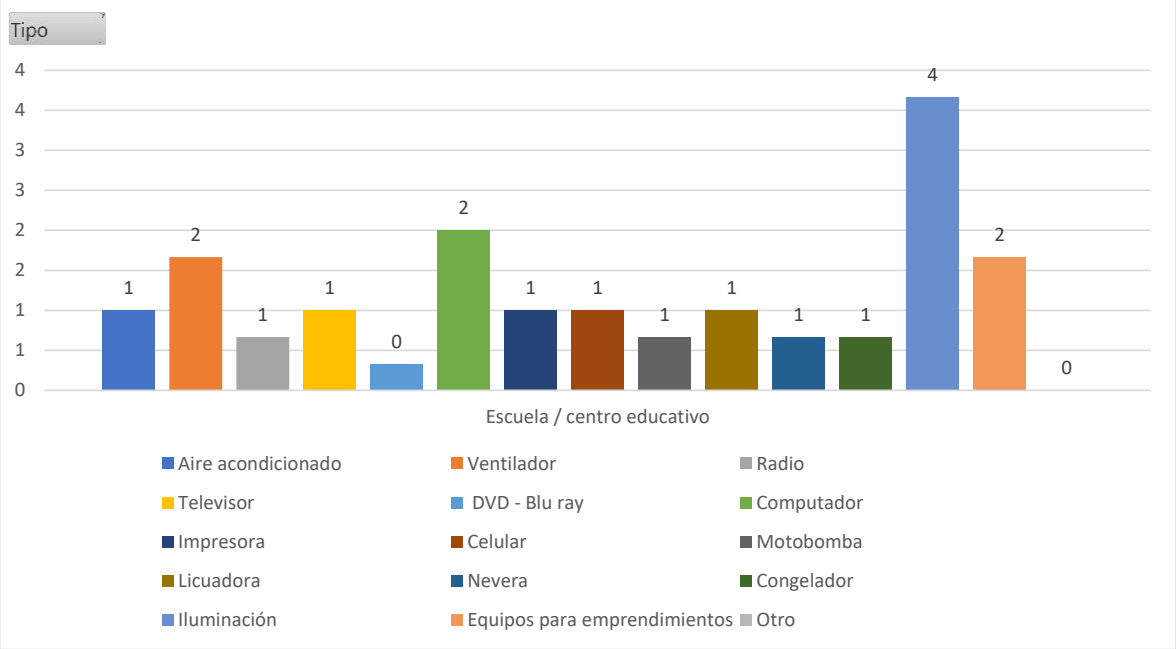


Figura 17. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo VI, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	16
Lámpara LED	45	32
Ventilador	60	6
TV LED 40"	100	2
Nevera 500 Lt	160	1
Congelador 500 Lt	160	1
Electrobomba 1/2 HP	375	1
Equipo Audio	25	1
Licuadora	450	1
Tablet	40	25
Cargador Celular	5	8

Tabla 26. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo VI en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo VI, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		Ventilador	TV LED 40"	Nevera 500 Lt	Congelador 500 Lt	Electrobomba 1/2 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	60 W	100 W	160 W	160 W	375 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0					0,1	0,1						320	32	0,97
1					0,1	0,1						320	32	0,97
2					0,1	0,1						320	32	0,97
3					0,1	0,1						320	32	0,97
4					0,1	0,1						320	32	0,97
5					0,2	0,2						320	64	1,95
6					0,3	0,3						320	96	2,92
7					0,3	0,3						320	96	2,92
8					0,3	0,3		1			8	385	161	4,90
9					0,4	0,4		1				345	153	4,65
10			3		0,4	0,4		1		25		1525	1333	40,55
11			6	2	0,5	0,5		1		25		1905	1745	53,08
12			6	2	0,5	0,5	1	1	1	25	8	2770	2610	79,39
13				2	1	1						520	520	15,82
14					1	1						320	320	9,73
15					0,5	0,5						320	160	4,87
16					0,5	0,5						320	160	4,87
17					0,4	0,4						320	128	3,89
18	16	32			0,2	0,2						1904	1648	50,13
19					0,2	0,2						320	64	1,95
20					0,2	0,2						320	64	1,95
21					0,2	0,2						320	64	1,95
22					0,2	0,2						320	64	1,95
23					0,2	0,2						320	64	1,95
TOTAL	16	32	15	6	8	8	1,0	5	1	75	16	2770	9674	294

Tabla 27. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo VI es de un consumo diario de 9674 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 294 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo VI ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo VI, de acuerdo a la Tabla 27.

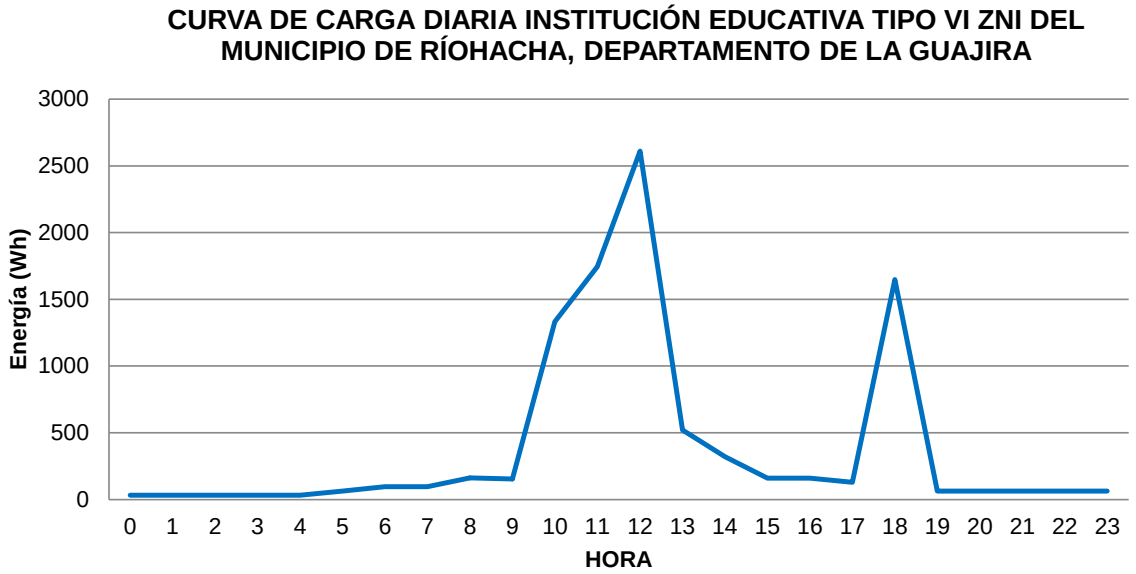


Figura 18. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	300
Febrero	28	271
Marzo	31	300
Abril	30	290
Mayo	31	300
Junio	30	290
Julio	31	300
Agosto	31	300
Septiembre	30	290
Octubre	31	300
Noviembre	30	290
Diciembre	31	300
Anual	**365**	**3531**

Tabla 28. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

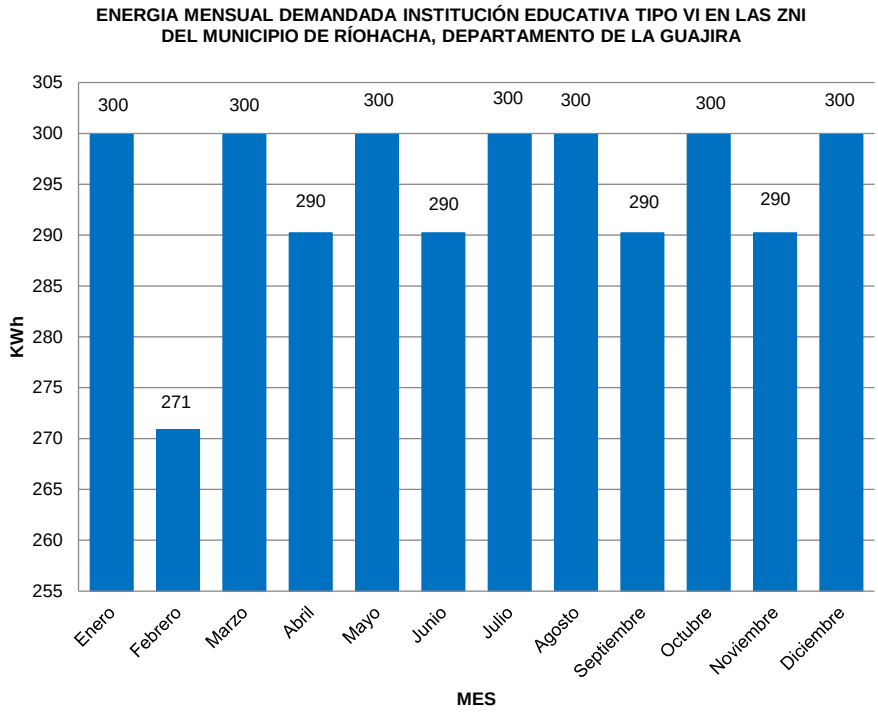


Figura 19. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.7 Instituciones educativas tipo VIII

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las dos (2) instituciones educativas tipo VIII, las cuales atienden entre trescientos uno (301) y cuatrocientos cincuenta (450) estudiantes cada una.

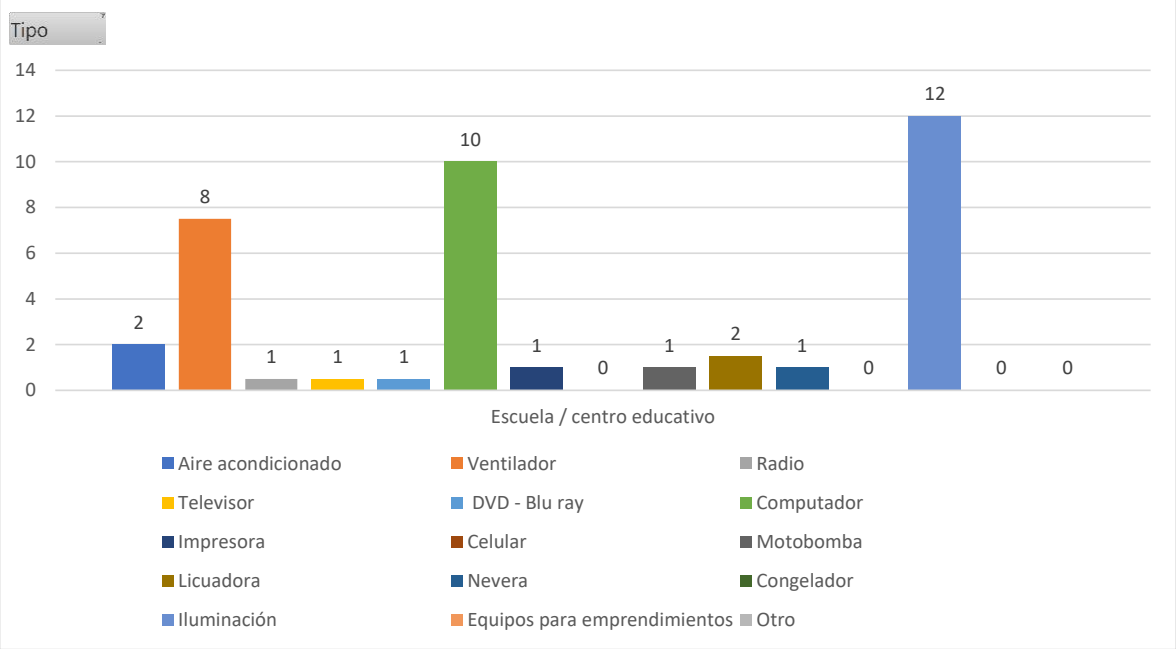


Figura 20. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo VIII, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	32
Lámpara LED	45	64
Ventilador	60	12
TV LED 40"	100	4
Nevera 500 Lt	160	2
Congelador 500 Lt	160	2
Electrobomba 1 HP	750	1
Equipo Audio	25	2
Licuadora	450	2
Tablet	40	50
Cargador Celular	5	16

Tabla 29. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo VIII en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo VIII, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		Ventilador	TV LED 40"	Nevera 500 Lt	Congelador 500 Lt	Electrobomba 1 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	60 W	100 W	160 W	160 W	750 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0					0,2	0,2						640	64	1,95
1					0,2	0,2						640	64	1,95
2					0,2	0,2						640	64	1,95
3					0,2	0,2						640	64	1,95
4					0,2	0,2						640	64	1,95
5					0,4	0,4						640	128	3,89
6					0,6	0,6						640	192	5,84
7					0,6	0,6						640	192	5,84
8					0,6	0,6		2			16	770	322	9,79
9					0,8	0,8		2				690	306	9,31
10			6		0,8	0,8		2		50		3050	2666	81,09
11			12	4	1	1		2		50		3810	3490	106,15
12			12	4	1	1	1	2	2	50	16	5540	5220	158,78
13				4	2	2						1040	1040	31,63
14					2	2						640	640	19,47
15					1	1						640	320	9,73
16					1	1						640	320	9,73
17					0,8	0,8						640	256	7,79
18	32	64			0,4	0,4						3808	3296	100,25
19					0,4	0,4						640	128	3,89
20					0,4	0,4						640	128	3,89
21					0,4	0,4						640	128	3,89
22					0,4	0,4						640	128	3,89
23					0,4	0,4						640	128	3,89
TOTAL	32	64	30	12	16	16	1,0	10	2	150	32	5540	19348	589

Tabla 30. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo VIII es de un consumo diario de 19348 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 589 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo VIII ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo VIII, de acuerdo a la Tabla 30.

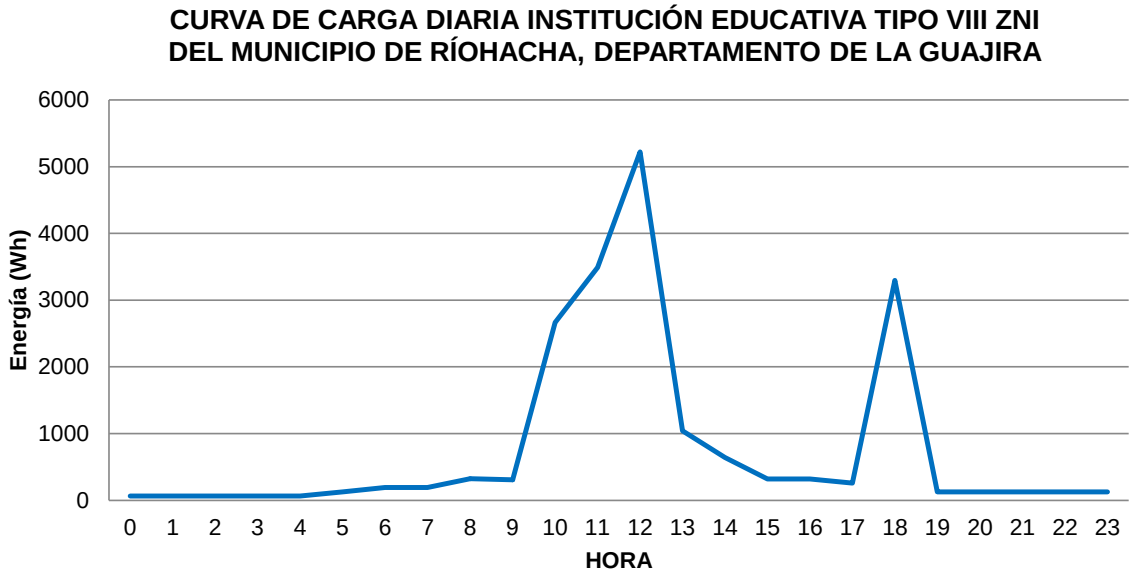


Figura 21. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	600
Febrero	28	542
Marzo	31	600
Abril	30	580
Mayo	31	600
Junio	30	580
Julio	31	600
Agosto	31	600
Septiembre	30	580
Octubre	31	600
Noviembre	30	580
Diciembre	31	600
Anual	365	7062

Tabla 31. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

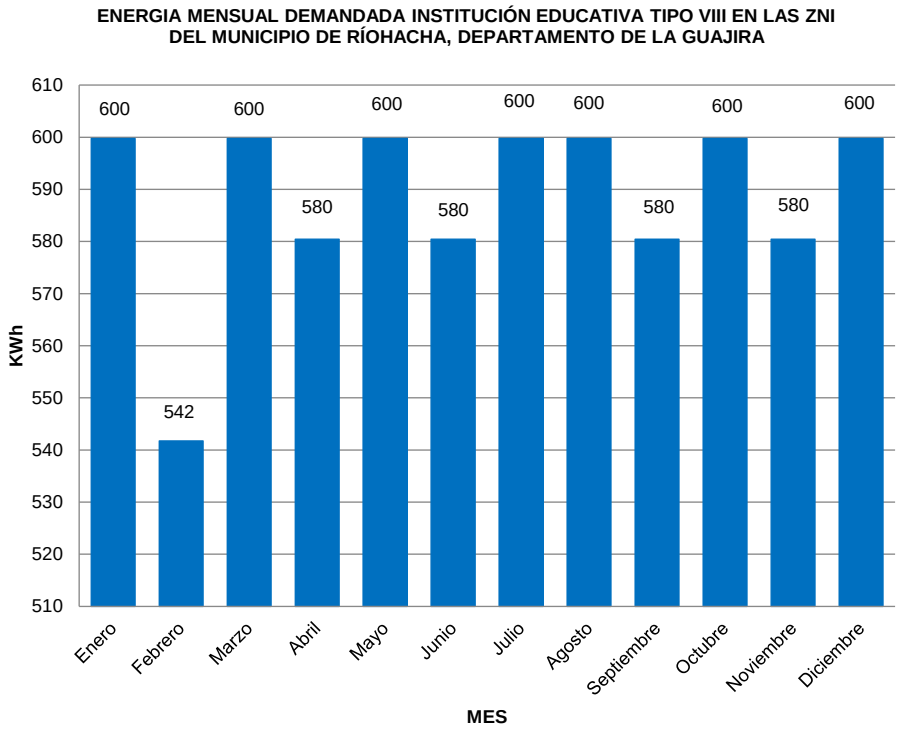


Figura 22. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo VIII en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.8 Instituciones educativas tipo IX

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las dos (2) instituciones educativas tipo IX, las cuales atienden entre cuatrocientos cincuenta y uno (451) y seiscientos (600) estudiantes cada una.

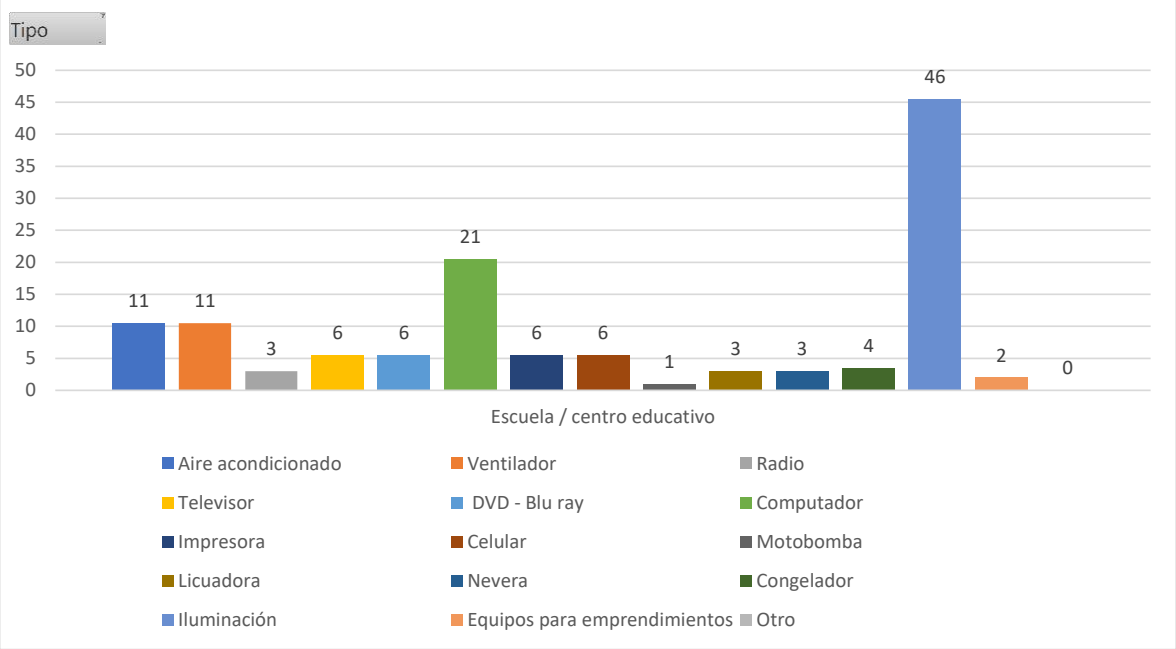


Figura 23. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo IX, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	48
Lámpara LED	45	96
Ventilador	60	18
TV LED 40"	100	6
Nevera 500 Lt	160	3
Congelador 500 Lt	160	3
Electrobomba 1 HP	750	2
Equipo Audio	25	3
Licuadora	450	3
Tablet	40	75
Cargador Celular	5	24

Tabla 32. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo IX en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo IX, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		Ventilador	TV LED 40"	Nevera 500 Lt	Congelador 500 Lt	Electrobomba 1 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	60 W	100 W	160 W	160 W	750 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0					0,3	0,3						960	96	2,92
1					0,3	0,3						960	96	2,92
2					0,3	0,3						960	96	2,92
3					0,3	0,3						960	96	2,92
4					0,3	0,3						960	96	2,92
5					0,6	0,6						960	192	5,84
6					0,9	0,9						960	288	8,76
7					0,9	0,9						960	288	8,76
8					0,9	0,9		3			24	1155	483	14,69
9					1,2	1,2		3				1035	459	13,96
10			9		1,2	1,2		3		75		4575	3999	121,64
11			18	6	1,5	1,5		3		75		5715	5235	159,23
12			18	6	1,5	1,5	1,5	3	3	75	24	8685	7830	238,16
13				6	3	3						1560	1560	47,45
14					3	3						960	960	29,20
15					1,5	1,5						960	480	14,60
16					1,5	1,5						960	480	14,60
17					1,2	1,2						960	384	11,68
18	48	96			0,6	0,6						5712	4944	150,38
19					0,6	0,6						960	192	5,84
20					0,6	0,6						960	192	5,84
21					0,6	0,6						960	192	5,84
22					0,6	0,6						960	192	5,84
23					0,6	0,6						960	192	5,84
TOTAL	48	96	45	18	24	24	1,50	15	3	225	48	8685	29022	883

Tabla 33. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo IX es de un consumo diario de 29022 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 883 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo IX ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo IX, de acuerdo a la Tabla 33.

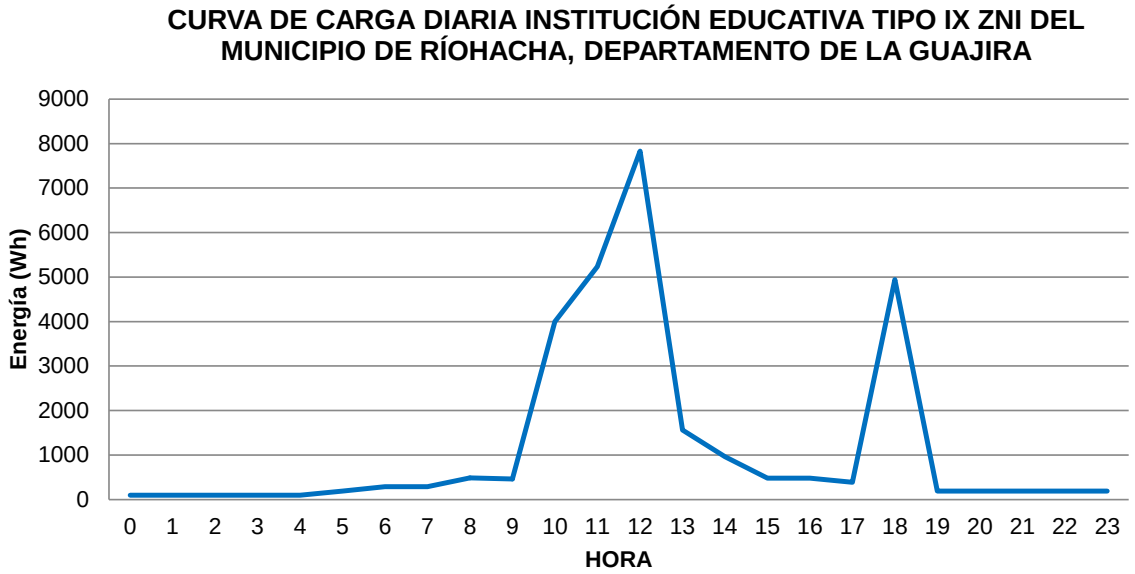


Figura 24. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	900
Febrero	28	813
Marzo	31	900
Abril	30	871
Mayo	31	900
Junio	30	871
Julio	31	900
Agosto	31	900
Septiembre	30	871
Octubre	31	900
Noviembre	30	871
Diciembre	31	900
Anual	**365**	**10593**

Tabla 34. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

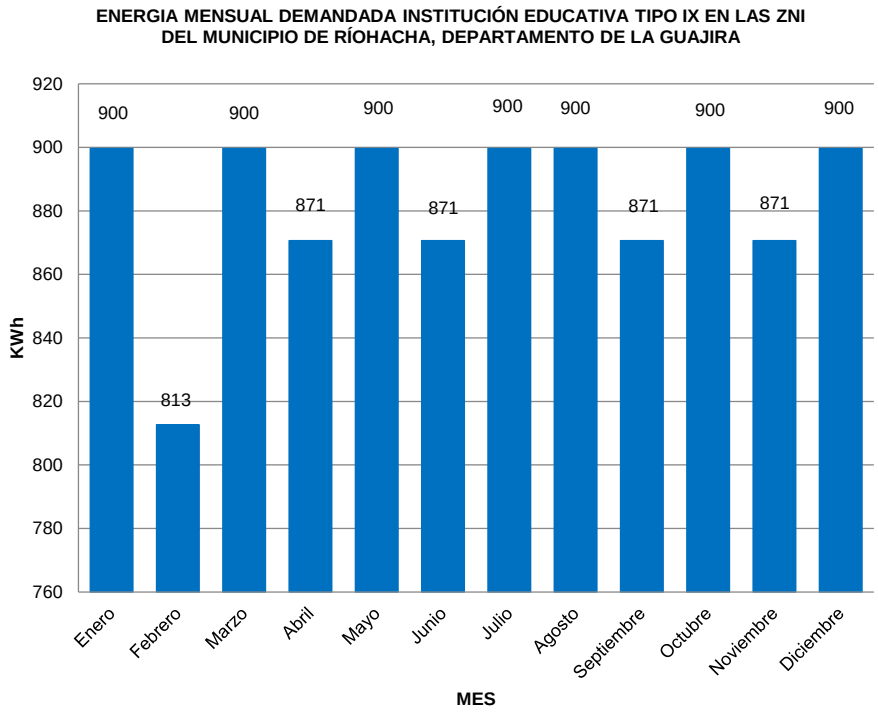


Figura 25. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo IX en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

4.9 Instituciones educativas tipo X

A continuación se detallan las necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas realizadas a las dos (2) instituciones educativas tipo X, las cuales atienden entre seiscientos uno (601) y setecientos cincuenta (750) estudiantes cada una.

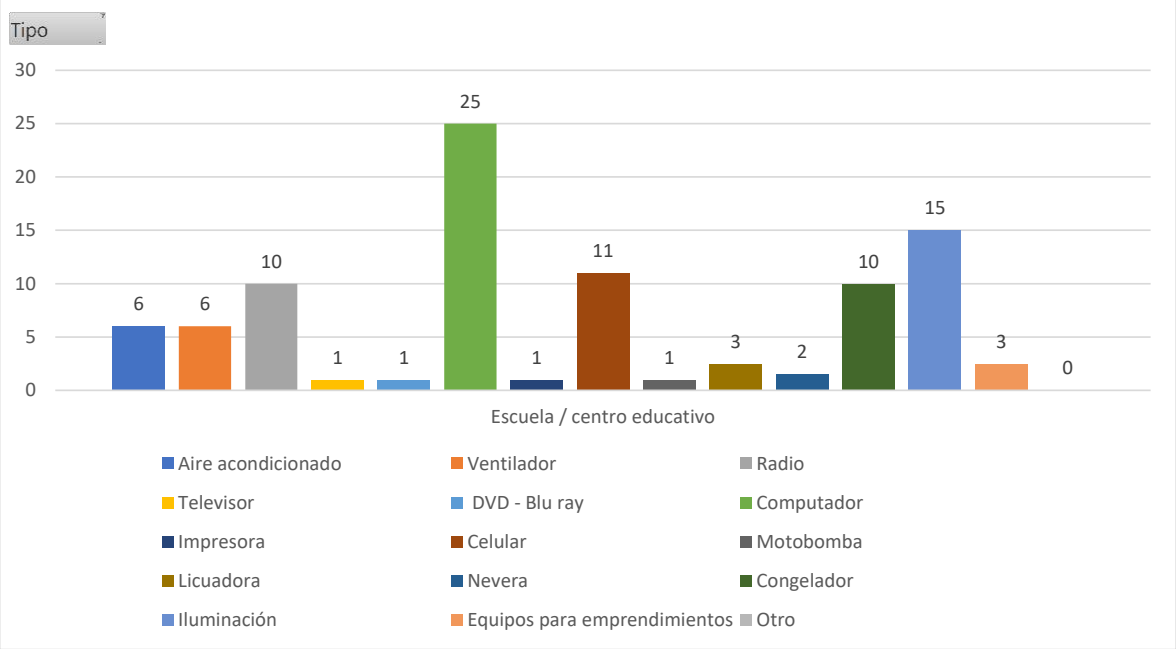


Figura 26. Necesidades energéticas promedio arrojadas por las encuestas para una institución educativa tipo VI en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas efectuadas a las instituciones educativas tipo X, estas arrojan unas necesidades energéticas similares a las establecidas a continuación, de acuerdo a los aparatos eléctricos seleccionados para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

Aparatos Eléctricos	Potencia W	Cantidad Un
Lámpara LED	9	64
Lámpara LED	45	128
Ventilador	60	24
TV LED 40"	100	8
Nevera 500 Lt	160	4
Congelador 500 Lt	160	4
Electrobomba 1 HP	750	2
Equipo Audio	25	4
Licuadora	450	4
Tablet	40	100
Cargador Celular	5	32

Tabla 35. Aparatos eléctricos requeridos por las instituciones educativas tipo X en el Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, con base en los aparatos eléctricos requeridos, se caracteriza la carga horaria diaria para las instituciones educativas tipo X, de acuerdo a la potencia nominal de consumo establecida en la anterior tabla.

Hora	Lámpara LED		Ventilador	TV LED 40"	Nevera 500 Lt	Congelador 500 Lt	Electrobomba 1 HP	Equipo Audio	Licuadora	Tablet	Cargador Celular	Potencia W	Consumo	
	9 W	45 W	60 W	100 W	160 W	160 W	750 W	25 W	450 W	40 W	5 W		Wh-día	KWh-mes
0					0,1	0,1						1280	128	3,89
1					0,1	0,1						1280	128	3,89
2					0,1	0,1						1280	128	3,89
3					0,1	0,1						1280	128	3,89
4					0,1	0,1						1280	128	3,89
5					0,2	0,2						1280	256	7,79
6					0,3	0,3						1280	384	11,68
7					0,3	0,3						1280	384	11,68
8					0,3	0,3		4			32	1540	644	19,59
9					0,4	0,4		4				1380	612	18,62
10			12		0,4	0,4		4		100		6100	5332	162,18
11			24	8	0,5	0,5		4		100		7620	6980	212,31
12			24	8	0,5	0,5	2	4	4	100	32	11080	10440	317,55
13				8	1	1	1					2830	2830	86,08
14					1	1						1280	1280	38,93
15					0,5	0,5						1280	640	19,47
16					0,5	0,5						1280	640	19,47
17					0,4	0,4						1280	512	15,57
18	64	128			0,2	0,2						7616	6592	200,51
19					0,2	0,2						1280	256	7,79
20					0,2	0,2						1280	256	7,79
21					0,2	0,2						1280	256	7,79
22					0,2	0,2						1280	256	7,79
23					0,2	0,2						1280	256	7,79
TOTAL	64	128	60	24	8	8	3	20	4	300	64	11080	39446	1200

Tabla 36. Estimación del tiempo horario diario de uso de los aparatos eléctricos para una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la carga estimada en la anterior tabla para las instituciones educativas tipo X es de un consumo diario de 39446 Wh, equivalente a un consumo promedio mensual de 1200 KWh. Esto permite facilitar el dimensionamiento del SISFV a implementar, pues se requiere un sistema con la misma capacidad para cada institución educativa tipo X ubicada en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, estandarizando su implementación.

En la siguiente figura se muestra la curva de carga horaria diaria inicial obtenida para una institución educativa tipo X, de acuerdo a la Tabla 36.

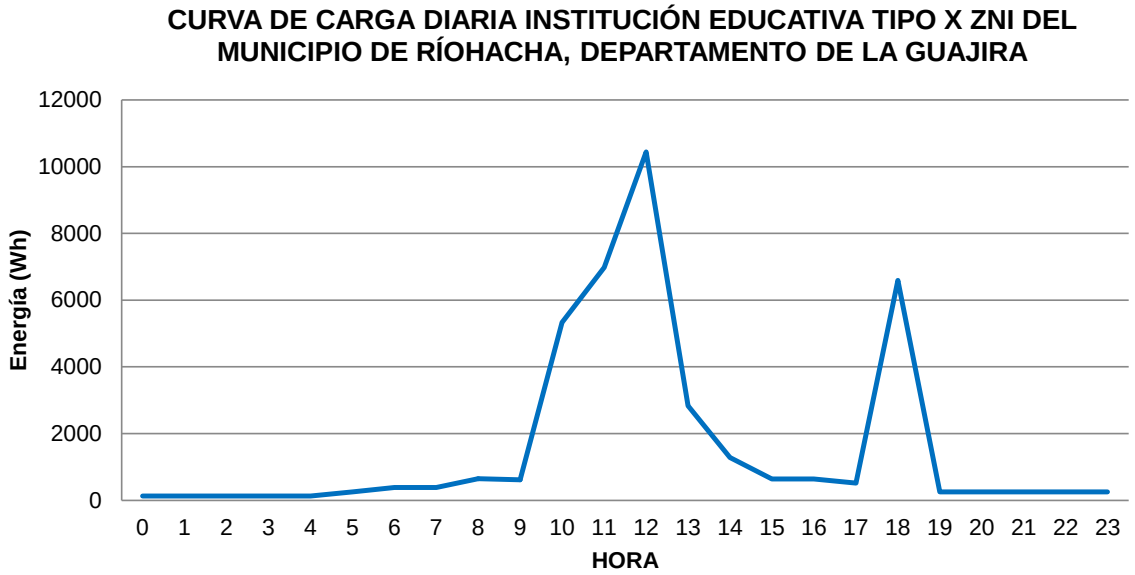


Figura 27. Curva de carga horaria diaria de una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual y anual inicialmente proyectado para una institución educativa tipo X las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira.

Período	Días	KWh
Enero	31	1223
Febrero	28	1104
Marzo	31	1223
Abril	30	1183
Mayo	31	1223
Junio	30	1183
Julio	31	1223
Agosto	31	1223
Septiembre	30	1183
Octubre	31	1223
Noviembre	30	1183
Diciembre	31	1223
Anual	365	14398

Tabla 37. Consumo estimado de energía eléctrica mensual y anual para una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la gráfica del consumo mensual inicial estimado en la anterior tabla.

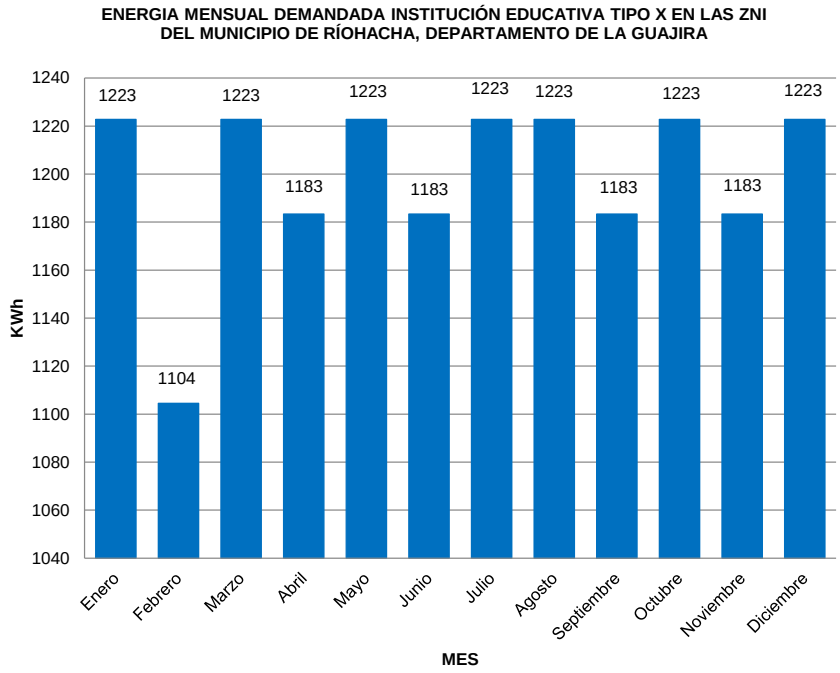


Figura 28. Gráfico del consumo mensual inicial para una institución educativa tipo X en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

5 Estimación de la radiación solar

La siguiente figura muestra una superficie situada en el hemisferio norte, donde el sol sigue una trayectoria este-sur-oeste. Si se pretende maximizar la captación de energía solar, la superficie tendrá que estar orientada hacia el sur y por lo tanto el ángulo de acimut (α) debe ser nulo. El acimut óptimo para que una superficie fija reciba la mayor cantidad posible de energía solar diaria debe ser cero (α = 0°). La superficie se debe orientar hacia el sur si está situada en el hemisferio norte o hacia el norte si es está en el hemisferio sur.

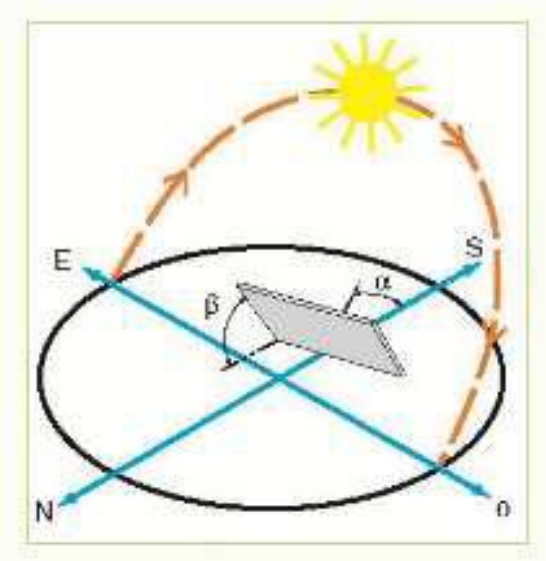


Figura 29. Trayectoria solar en una superficie situada en el hemisferio norte
Fuente: http://calculationsolar.com/blog/?m=201212

Para determinar la inclinación óptima (βopt) de una superficie fija se usa una fórmula basada en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes (ϕ), que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar:

$$\beta opt = 3.7 + 0.69 * |\phi|$$

De acuerdo al documento "Proyecto Tipo: Instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicos Individuales en Zonas No Interconectadas" elaborado por el DNP – Ministerio de Minas y Energía – IPSE en julio del 2020, se sugiere colocar los paneles SFV con un grado de inclinación igual a la latitud del lugar, y en caso de que esta esté por debajo de los 10°, se debe instalar los paneles con un ángulo de inclinación mínimo de 10° (sur a norte) para así garantizar que los módulos se autolaven con las lluvias.

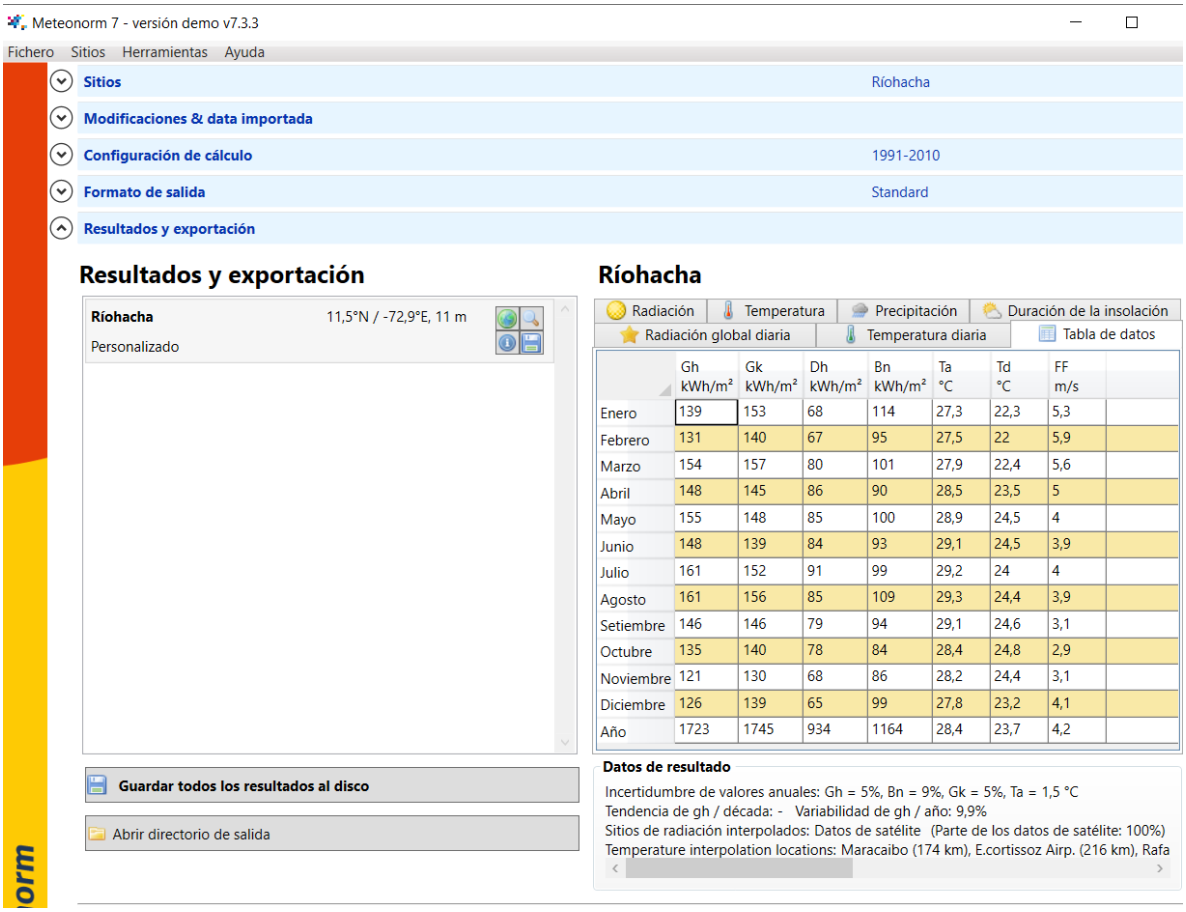
Para determinar los niveles de radiación solar en las ZNI del municipio de Ríohacha, departamento de La Guajira donde se levantarán los usuarios rurales, se utiliza la herramienta "Meteonorm", fuente de una base de datos de irradiación solar en la industria de la energía solar, ampliamente usada y aceptada. Lleva más de 30 años de haber sido desarrollada y se ha convertido en la base de datos estándar para las simulaciones con energía solar. También es la base de datos de algunos de los programas de diseño de sistemas solares fotovoltaicos más reconocidos, tales como PVSYST y PVSOL. Fue desarrollada por Meteotest (Suiza) y financiada por la Oficina Federal de Energía de Suiza. La base de datos de "Meteonorm" se alimenta de 8325 estaciones meteorológicas en todo el mundo, de las cuales 800 estaciones meteorológicas están ubicadas en Centro y Sur América, así como de 5 satélites Geoestacionarios con cobertura global. Integra avanzados modelos de interpolación que permiten extraer datos climáticos de cualquier lugar con una gran precisión. El estándar de los datos históricos para irradiación solar es desde 1991 hasta 2010 (20 años). Se utiliza la herramienta "Meteonorm 7.3 Versión Demo", la cual es de uso gratuito.

Las coordenadas de la cabecera municipal de Ríohacha, La Guajira, objeto del estudio se detallan en la siguiente tabla.

Coordenadas Ríohacha	**Latitud**	11°32'18.29"N	11,538414°
	Longitud	72°55'00.42"O	-72,916783°

Tabla 38. Coordenadas de la cabecera municipal de Ríohacha del Departamento de La Guajira
Fuente: Google Earth

Con las anteriores coordenadas geodésicas, se obtienen los datos promedio mensual y anual de la radiación solar de la herramienta "Meteonorm 7.3 Versión Demo", para el municipio como se detalla en la siguiente tabla.



	Gh kWh/m²	Gk kWh/m²	Dh kWh/m²	Bn kWh/m²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Enero	139	153	68	114	27,3	22,3	5,3
Febrero	131	140	67	95	27,5	22	5,9
Marzo	154	157	80	101	27,9	22,4	5,6
Abril	148	145	86	90	28,5	23,5	5
Mayo	155	148	85	100	28,9	24,5	4
Junio	148	139	84	93	29,1	24,5	3,9
Julio	161	152	91	99	29,2	24	4
Agosto	161	156	85	109	29,3	24,4	3,9
Setiembre	146	146	79	94	29,1	24,6	3,1
Octubre	135	140	78	84	28,4	24,8	2,9
Noviembre	121	130	68	86	28,2	24,4	3,1
Diciembre	126	139	65	99	27,8	23,2	4,1
Año	1723	1745	934	1164	28,4	23,7	4,2

Tabla 39. Datos meteorológicos y de irradiación solar horizontal inclinada mensual y anual del Municipio de Ríohacha, La Guajira, de la herramienta "Meteonorm 7.3 Versión Demo"
Fuente: Meteonorm

La anterior tabla arroja los siguientes datos:

Gh: Radiación global horizontal en KWh/m2
Gk: Radiación global inclinada en KWh/m2
Dh: Radiación difusa surgiendo del hemisferio superior reducida por la radiación solar directa del disco solar y sus alrededores (apertura de 6°) en KWh/m2
Bn: Radiación normal directa surgiendo de un estrecho ángulo de 6° centrado alrededor del disco solar en KWh/m2
Ta: Temperatura del aire a 2 metros de la superficie en °C
Td: Temperatura de rocío en °C
FF: Velocidad del viento en m/s

En la siguiente tabla se resumen los datos obtenidos de la herramienta "Meteonorm" de la radiación solar promedio mensual y anual plana e inclinada a 12° del municipio de Ríohacha, La Guajira. En la última columna de la tabla se calcula la radiación solar promedio diaria mensual y anual inclinada a 12° para la latitud del lugar.

Período	Radiación Solar a Latitud 11,5º / Longitud -72,9º de Meteonorm		
	Plana KWh/m2	Con Inclinación 12º KWh/m2	Promedio Diaria Con Inclinación 12º KWh/m2-día
Enero	139	153	4,94
Febrero	131	140	5,00
Marzo	154	157	5,06
Abril	148	145	4,83
Mayo	155	148	4,77
Junio	148	139	4,63
Julio	161	152	4,90
Agosto	161	156	5,03
Septiembre	146	146	4,87
Octubre	135	140	4,52
Noviembre	121	130	4,33
Diciembre	126	139	4,48
Anual	1723	1745	4,78

Tabla 40. Radiación solar promedio mensual y anual en superficie plana e inclinada de 12°, y radiación solar diaria promedio mensual y anual inclinada de 12°, a la latitud del municipio de Ríohacha, La Guajira de acuerdo a la herramienta "Meteonorm 7.3 Versión Demo"
Fuente: Meteonorm y Elaboración propia

El valor resaltado en color amarillo en la anterior tabla corresponde al mes donde se presenta el menor nivel promedio diario de radiación solar en el año, el valor resaltado en verde corresponde al nivel promedio diario de radiación solar en el año, y el valor resaltado en color crema corresponde al mes donde se presenta el mayor nivel promedio diario de radiación solar en el año.

En la siguiente tabla se detallan los datos promedio mensual mínimo y máximo, y anual de la radiación solar de la herramienta "Meteonorm 7.3 Versión Demo" obtenidos de la anterior tabla y se comparan con los datos de los rangos de radiación solar del "Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia" del IDEAM – UPME del año 2014.

Municipio	Radiación Solar									
	METEONORM					Atlas Interactivo de Radiación Solar de Colombia - IDEAM				
	Menor Radiación		Radiación Anual	Mayor Radiación		Menor Radiación		Radiación Anual	Mayor Radiación	
	Mes	Promedio Diario (KWh/m2)	Promedio Diario (KWh/m2)	Mes	Promedio Diario (KWh/m2)	Mes	Promedio Diario (KWh/m2)	Promedio Diario (KWh/m2)	Mes	Promedio Diario (KWh/m2)
Ríohacha	Noviembre	4,33	4,78	Marzo	5,06	Noviembre	4,0 - 4,5	4,5 - 5,0	Marzo	5,0 - 5,5

Tabla 41. Datos de radiación solar diaria mensual mínima y máxima y promedio anual del Municipio de Ríohacha, La Guajira, de la herramienta "Meteonorm 7.3 Versión Demo" y del "Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia"
Fuente: Meteonorm, IDEAM – UPME y Elaboración propia

De la anterior tabla se concluye que los datos de radiación solar arrojados por la herramienta METEONORM son más ajustados a un valor fijo obtenido de una amplia base de datos combinados de estaciones y satélites meteorológicos, mientras que los rangos de valores obtenidos del Atlas de Radiación Solar del IDEAM – UPME se limitan a los datos obtenidos de las reducidas estaciones meteorológicas instaladas en el país. Por lo tanto se seleccionan con más confiabilidad los datos detallados por la herramienta METEONORM para efectuar el dimensionamiento de los paneles SFV requeridos, utilizando el método del mes crítico, o sea el mes de menor radiación solar, pues al garantizar la energía necesaria para dicho mes, se estará garantizando por encima la generación de energía para el resto de meses del año.

Por lo tanto, de las Tablas 40 y 41 se obtiene que el municipio de Ríohacha arroja la menor radiación solar en el mes de noviembre con 4,33 KWh/m2. Con este valor es que se dimensiona el SISFV para cada una de las instituciones educativas tipo dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, con el fin de estandarizar la solución energética, pues al satisfacer con la suficiente energía a los usuarios en el mes de noviembre de menor radiación solar, el sistema entrega más energía en el resto de meses del año que gozan de mayor radiación.

En la siguiente tabla se muestra el promedio horario de la radiación solar diaria mensual en la Estación Aeropuerto Almirante Padilla en Ríohacha, La Guajira, obtenida del "Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia" del IDEAM y la UPME, año 2014, siendo la estación más cercana al Municipio de Ríohacha, La Guajira.

ESTACIÓN APTO. ALMIRANTE PADILLA (RIOHACHA)												
PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACIÓN (Wh/m²)												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
2-3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3-4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-5	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5-6	0,3	0,2	0,5	4,3	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
6-7	22,0	27,6	60,8	82,2	104,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1
7-8	157,7	187,9	239,1	229,8	255,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	192,7
8-9	326,8	369,4	413,2	380,4	457,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	371,6
9-10	451,4	537,0	585,9	508,1	658,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	527,6
10-11	578,8	669,3	718,7	638,8	795,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	627,0
11-12	673,0	762,4	809,5	700,7	796,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	733,4
12-13	610,2	667,9	739,9	641,6	771,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	592,5
13-14	682,8	761,7	712,5	603,2	666,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	663,3
14-15	550,9	557,5	601,3	480,7	494,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	531,2
15-16	323,5	445,9	442,8	336,4	302,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	263,6
16-17	193,9	228,6	247,7	180,6	164,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	148,7
17-18	30,4	53,2	62,7	50,2	49,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5
18-19	0,0	0,1	0,1	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19-20	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21-22	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
22-23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
23-0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulada diaria	4601,7	5268,7	5634,6	4837,3	5524,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4700,3

Entre 0 y 200 (Wh/m²) | Entre 200 y 400 (Wh/m²) | Entre 400 y 600 (Wh/m²) | Entre 600 y 800 (Wh/m²) | Mayor a 800 (Wh/m²)

Tabla 42. Promedio horario diario mensual de la radiación solar en la Estación Aeropuerto Almirante Padilla en Ríohacha del "Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia"
Fuente: IDEAM - UPME

En la siguiente figura se muestra la curva de radiación solar promedio horaria inclinada a 12° para el mes de noviembre (mes crítico de menor radiación solar) en el Municipio de Ríohacha, La Guajira, calculada en base a los datos de la radiación solar de la Estación Aeropuerto Almirante Padilla en Ríohacha para el mes de diciembre, aplicándole el factor de corrección por inclinación de 12° a una latitud de 12° y haciendo los ajustes necesarios con respecto al nivel de radiación solar obtenido de la herramienta Meteonorm para dicho mes.

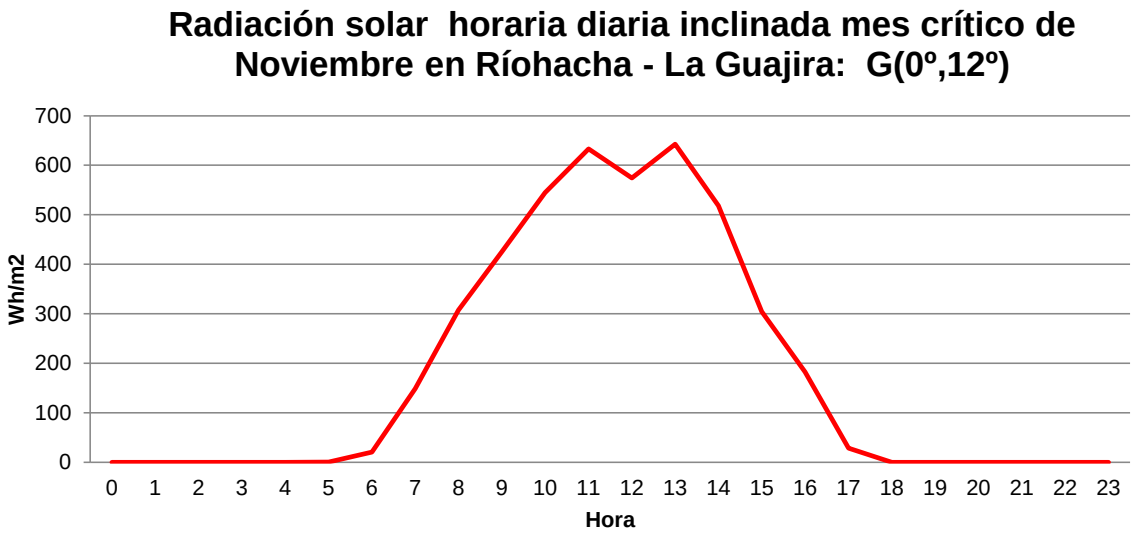


Figura 30. Curva de radiación solar promedio horaria diaria inclinada a 12° en el mes de noviembre en el Municipio de Ríohacha, La Guajira del "Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia" Fuente: IDEAM – UPME y elaboración propia

De la anterior figura se observa que la radiación solar diaria promedio en el Municipio de Ríohacha se asemeja a una campana de "Gauss", donde a partir de las 6:00 AM, cuando empieza a salir el sol, el nivel de radiación solar va aumentando hasta llegar a su pico máximo al medio día, y luego en la tarde empieza a disminuir hasta las 6:00 PM cuando oscurece y el nivel de radiación solar es nulo. Esta curva es importante para poder efectuar simulaciones del SISFV dimensionado con respecto a la demanda de carga horaria del usuario y poder determinar el comportamiento adecuado de todo el sistema, como se evidencia en el numeral 6.8 de este estudio.

6 Dimensionamiento técnico del SISFV

De acuerdo al análisis del potencial energético y de alternativas energéticas efectuado al Municipio de Ríohacha, La Guajira, se concluye que el sistema energético más viable técnica, económica y ambientalmente, para implementar a las instituciones educativas rurales dispersas, son los sistemas individuales solares fotovoltaicos (SISFV).

6.1 Cálculo del rendimiento energético del SISFV

En la siguiente tabla se muestran los cálculos realizados en Excel para determinar el rendimiento energético de un SISFV.

Cálculo Rendimiento Energético PR ("Performance Ratio") para un sistema individual solar fotovoltaico (SISFV)			
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Constantes Estructura Fija**
1	**Constante por pérdidas en sombreado**	K_{fs}	0,995
2	**Constante por pérdidas en irradiancia en el colector**	K_{Irr}	0,964
3	**Constante por pérdidas en temperatura**	K_t	0,91
4	**Constante por pérdidas en suciedad**	K_s	0,97
5	**Constante por pérdidas en dispersión**	K_d	0,98
6	**Constante por pérdidas óhmicas**	K_{ohm}	0,985
7	**Constante por pérdidas en baterías**	K_{BAT}	0,95
8	**Constante por pérdidas en controlador MPPT**	K_{CONT}	0,98
9	**Constante por pérdidas en inversor "off-grid"**	K_{INV}	0,90
10	**Rendimiento energético de los módulos SFV**		
	$PR_{MOD} = K_{fs} * K_{irr} * K_t * K_s * K_d * K_{ohm} =$	PR_{MOD}	0,817
11	**Rendimiento energético total del SISFV**		
	$PR_T = PR_{MOD} * K_{CONT} * K_{BAT} * K_{INV} =$	PR_T	0,68

Tabla 43. Cálculo del rendimiento energético de un SISFV en instituciones educativas tipo I, II, III, IV, V y VI
Fuente: CREG

Cálculo Rendimiento Energético PR ("Performance Ratio") para un sistema individual solar fotovoltaico			
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Constantes Estructura Fija**
1	**Constante por pérdidas en sombreado**	K_{fs}	0,995
2	**Constante por pérdidas en irradiancia en el colector**	K_{Irr}	0,964
3	**Constante por pérdidas en temperatura**	K_t	0,91
4	**Constante por pérdidas en suciedad**	K_s	0,97
5	**Constante por pérdidas en dispersión**	K_d	0,98
6	**Constante por pérdidas óhmicas**	K_{ohm}	0,985
7	**Constante por pérdidas en baterías**	K_{BAT}	0,95
8	**Constante por pérdidas en inversor enlazado a red**	$K_{INVGRID}$	0,96
9	**Constante por pérdidas en inversor bidireccional cargador de baterías**	K_{INVBAT}	0,92
10	**Rendimiento energético de los módulos SFV**		
	$PR_{MOD} = K_{fs} * K_{irr} * K_t * K_s * K_d * K_{ohm} =$	PR_{MOD}	0,817
11	**Rendimiento energético total del SISFV**		
	$PR_T = PR_{MOD} * K_{INVGRID} * K_{BAT} * K_{INVBAT} =$	PR_T	0,69

Tabla 44. Cálculo del rendimiento energético de un SISFV en instituciones educativas tipo VIII, IX y X
Fuente: CREG

Las constantes por pérdidas de los ítems 1 a 6 de las Tablas 43 y 44 se obtienen del estudio "Consultoría para establecer una metodología para el cálculo de energía firme de una planta solar" efectuado por "Fonroche Energies Renouvelables" a la CREG en el año 2015. Las demás constantes se obtienen de los fabricantes.

Se observa como el rendimiento energético de los paneles SFV es del 81,7% y de todo el SISFV para las instituciones educativas tipo I a tipo VI es del 68% y para las instituciones educativas tipo VIII, IX y X es del 69%.

6.2 Datos de entrada

Con base en los datos de radiación solar del mes crítico de noviembre de menor radiación solar en el Municipio de Ríohacha (4,33 KWh/m2-día), obtenido de las Tablas 40 y 41, y el consumo energético total diario de las instituciones educativas tipo dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, que consume 1,69 KWh/día (51 KWh/mes) para la institución educativa tipo I, 2,76 KWh/día (84 KWh/mes) para la institución educativa tipo II, 3,36 KWh/día (102 KWh/mes) para la institución educativa tipo III, 5,64 KWh/día (172 KWh/mes) para la institución educativa tipo IV, 6,88 KWh/día (209 KWh/mes) para la institución educativa tipo V, 9,67 KWh/día (294 KWh/mes) para la institución educativa tipo VI, 19,35 KWh/día (589 KWh/mes) para la institución educativa tipo VIII, 29,02 KWh/día (883 KWh/mes) para la institución educativa tipo IX, y 39,45 KWh/día (1200 KWh/mes) para la institución educativa tipo X, estimados en las Tablas 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33 y 36, se procede a efectuar los cálculos para dimensionar el SISFV que satisfaga dichos parámetros, pues al cubrir el consumo energético en el mes de menor radiación solar, se garantiza que se satisface el consumo en el resto de meses del año donde la radiación solar es superior, y por lo tanto habrá una mayor producción de energía.

En las siguientes tablas se detallan los datos de entrada para poder dimensionar los SISFV para cada tipo de institución educativa, seleccionando las especificaciones técnicas de los equipos que lo componen, tales como los paneles SFV, baterías, controladores, inversores, cableado y protecciones.

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	1688	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	795	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	24	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	24	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos controlador**			
5.1	Tipo	Control MPPT para baterías Ión - Litio		
5.2	Tensión máxima entrada DC	$V_{MAX,E,CONT}$	145	V
5.3	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,CONT,MIN}$	30	V
		$V_{E,CONT,MAX}$	130	V
5.4	Tensión nominal salida DC	$V_{S,CONT}$	24	V
5.5	Intensidad máxima de salida	$I_{MAX,S,CONT}$	40	A
5.6	Constante por pérdidas en controlador MPPT	K_{CONT}	0,98	
6	**Datos inversor**			
6.1	Tipo	"Off-grid"		
6.2	Tensión entrada DC	$V_{E,INV}$	24	V
6.3	Tensión salida AC	$V_{S,INV}$	120	V
6.4	Frecuencia salida	$f_{S,INV}$	60	Hz
6.5	Constante por pérdidas en inversor	K_{INV}	0,9	
6.6	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 45. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	2761	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	1230	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	24	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	24	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos controlador**			
5.1	Tipo	Control MPPT para baterías Ión - Litio		
5.2	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,CONT}$	145	V
5.3	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,CONT,MIN}$	30	V
		$V_{E,CONT,MAX}$	130	V
5.4	Tensión nominal salida DC	$V_{S,MAX,CONT}$	24	V
5.5	Intensidad máxima salida DC	$I_{S,CONT,MAX}$	60	A
5.6	Constante por pérdidas en controlador MPPT	K_{CONT}	0,98	
6	**Datos inversor**			
6.1	Tipo	"Off-grid"		
6.2	Tensión entrada DC	$V_{E,INV}$	24	V
6.3	Tensión salida AC	$V_{S,INV}$	120	V
6.4	Frecuencia salida	$f_{S,INV}$	60	Hz
6.5	Constante por pérdidas en inversor	K_{INV}	0,9	
6.6	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 46. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	3359	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	1435	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	24	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	48	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos controlador**			
5.1	Tipo	Control MPPT para baterías Ión - Litio		
5.2	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,CONT}$	150	V
5.3	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,CONT,MIN}$	60	V
		$V_{E,CONT,MAX}$	145	V
5.4	Tensión nominal salida DC	$V_{S,MAX,CONT}$	48	V
5.5	Intensidad máxima salida DC	$I_{S,CONT,MAX}$	60	A
5.6	Constante por pérdidas en controlador MPPT	K_{CONT}	0,98	
6	**Datos inversor**			
6.1	Tipo	"Off-grid"		
6.2	Tensión entrada DC	$V_{E,INV}$	48	V
6.3	Tensión salida AC	$V_{S,INV}$	120	V
6.4	Frecuencia salida	$f_{S,INV}$	60	Hz
6.5	Constante por pérdidas en inversor	K_{INV}	0,9	
6.6	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 47. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	5639	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	1780	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	24	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	48	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos controlador**			
5.1	Tipo	Control MPPT para baterías Ión - Litio		
5.2	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,CONT}$	150	V
5.3	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,CONT,MIN}$	60	V
		$V_{E,CONT,MAX}$	145	V
5.4	Tensión nominal salida DC	$V_{S,MAX,CONT}$	48	V
5.5	Intensidad máxima salida DC	$I_{S,CONT,MAX}$	60	A
5.6	Constante por pérdidas en controlador MPPT	K_{CONT}	0,98	
6	**Datos inversor**			
6.1	Tipo	"Off-grid"		
6.2	Tensión entrada DC	$V_{E,INV}$	48	V
6.3	Tensión salida AC	$V_{S,INV}$	120	V
6.4	Frecuencia salida	$f_{S,INV}$	60	Hz
6.5	Constante por pérdidas en inversor	K_{INV}	0,9	
6.6	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 48. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	6876	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	2410	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	24	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	48	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos controlador**			
5.1	Tipo	Control MPPT para baterías Ión - Litio		
5.2	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,CONT}$	150	V
5.3	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,CONT,MIN}$	60	V
		$V_{E,CONT,MAX}$	145	V
5.4	Tensión nominal salida DC	$V_{S,MAX,CONT}$	48	V
5.5	Intensidad máxima salida DC	$I_{S,CONT,MAX}$	80	A
5.6	Constante por pérdidas en controlador MPPT	K_{CONT}	0,98	
6	**Datos inversor**			
6.1	Tipo	"Off-grid"		
6.2	Tensión entrada DC	$V_{E,INV}$	48	V
6.3	Tensión salida AC	$V_{S,INV}$	120	V
6.4	Frecuencia salida	$f_{S,INV}$	60	Hz
6.5	Constante por pérdidas en inversor	K_{INV}	0,9	
6.6	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 49. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	9674	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	2770	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	24	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	48	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos controlador**			
5.1	Tipo	Control MPPT para baterías Ión - Litio		
5.2	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,CONT}$	150	V
5.3	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,CONT,MIN}$	60	V
		$V_{E,CONT,MAX}$	145	V
5.4	Tensión nominal salida DC	$V_{S,MAX,CONT}$	48	V
5.5	Intensidad máxima salida DC	$I_{S,CONT,MAX}$	80	A
5.6	Constante por pérdidas en controlador MPPT	K_{CONT}	0,98	
6	**Datos inversor**			
6.1	Tipo	"Off-grid"		
6.2	Tensión entrada DC	$V_{E,INV}$	48	V
6.3	Tensión salida AC	$V_{S,INV}$	120	V
6.4	Frecuencia salida	$f_{S,INV}$	60	Hz
6.5	Constante por pérdidas en inversor	K_{INV}	0,9	
6.6	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 50. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	19348	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	5540	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	3,2	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	48	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos inversores**			
5.1	**Tipo**	Enlazado a red		
5.1.1	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,INVGRID}$	600	V
5.1.2	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,INVGRID,MIN}$	270	V
		$V_{E,INVGRID,MAX}$	480	V
5.1.3	Intensidad máxima entrada DC por MPPT	$I_{E,INVGRID,MAX}$	18	A
5.1.4	Tensión salida AC	$V_{S,INVGRID}$	240	V
5.1.5	Frecuencia salida	$f_{S,INVGRID}$	60	Hz
5.1.6	Constante por pérdidas en inversor enlazado a red	$K_{INVGRID}$	0,96	
5.1.7	Salida onda	Senoidal pura		
5.2	**Tipo**	Bidireccional - Cargador de Baterías		
5.2.1	Tensión entrada DC	$V_{E,INVBAT}$	48	V
5.2.2	Tensión salida AC	$V_{S,INVBAT}$	120	V
5.2.3	Frecuencia salida	$f_{S,INVBAT}$	60	Hz
5.2.4	Constante por pérdidas en inversor bidireccional	K_{INVBAT}	0,92	
5.2.5	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 51. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	29022	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	8685	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	3,2	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	48	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos inversores**			
5.1	**Tipo**	Enlazado a red		
5.1.1	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,INVGRID}$	600	V
5.1.2	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,INVGRID,MIN}$	220	V
		$V_{E,INVGRID,MAX}$	480	V
5.1.3	Intensidad máxima entrada DC por MPPT	$I_{E,INVGRID,MAX}$	18	A
5.1.4	Tensión salida AC	$V_{S,INVGRID}$	240	V
5.1.5	Frecuencia salida	$f_{S,INVGRID}$	60	Hz
5.1.6	Constante por pérdidas en inversor enlazado a red	$K_{INVGRID}$	0,96	
5.1.7	Salida onda	Senoidal pura		
5.2	**Tipo**	Bidireccional - Cargador de Baterías		
5.2.1	Tensión entrada DC	$V_{E,INVBAT}$	48	V
5.2.2	Tensión salida AC	$V_{S,INVBAT}$	120	V
5.2.3	Frecuencia salida	$f_{S,INVBAT}$	60	Hz
5.2.4	Constante por pérdidas en inversor bidireccional	K_{INVBAT}	0,92	
5.2.5	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 52. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

DATOS DE ENTRADA				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	**Datos carga**			
1.1	Demanda diaria media mensual AC entregada a la carga (inicio del proyecto)	$L_{dm,AC}$	39446	Wh
1.2	Potencia AC máxima	$P_{AC,MAX}$	11080	W
1.3	Factor de potencia	$\cos\Phi$	0,9	
2	**Datos radiación**			
2.1	Latitud del lugar	θ	11,54	°
2.2	Angulo de orientación (acimut)	α	0	°
2.3	Ángulo óptimo de inclinación: $\beta = 3.7 + 0.69 * \lvert\theta\rvert$	β	11,66	°
	Ángulo de inclinación seleccionado		12	°
2.4	Radiación diaria media mensual en posición definida (mes crítico: Noviembre): $G_{dm}(\alpha,\beta) = G_{dm}(0°,12°)$	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	**Datos módulo fotovoltaico**			
3.1	Tipo	Silicio monocristalino		
3.2	Irradiancia en condiciones estándar de medida	G_{CEM}	1000	W/m2
3.3	Potencia máxima	$P_{M,MOD}$	400	W
3.4	Tensión máxima	$V_{M,MOD}$	41,7	V
3.5	Tensión de circuito abierto	$V_{OC,MOD}$	49,8	V
3.6	Intensidad máxima	$I_{M,MOD}$	9,60	A
3.7	Intensidad de cortocircuito	$I_{SC,MOD}$	10,36	A
3.8	Coeficiente de temperatura de $V_{OC,MOD}$	θ_{VOC}	-0,29%	1/°C
3.9	Coeficiente de temperatura de $P_{M,MOD}$	θ_{PM}	-0,37%	1/°C
3.10	Coeficiente de temperatura de $I_{SC,MOD}$	θ_{ISC}	0,048%	1/°C
3.11	Temperatura mínima de operación de los módulos	T_{min}	15	°C
3.12	Temperatura ambiente de los módulos en las condiciones STC	T_{amb}	25	°C
3.13	Temperatura máxima de operación de los módulos	T_{max}	60	°C
3.14	Eficiencia	η_{MOD}	20,17%	
3.15	Rendimiento energético del módulo fotovoltaico	PR_{MOD}	0,817	
3.16	Degradación del módulo fotovoltaico en el horizonte de 10 años	D_{MOD}	7,9%	
4	**Datos batería**			
4.1	Tipo	Ión - Litio ($LiFePO_4$)		
4.2	Profundidad de descarga máxima de la batería	P_{dmax}	70%	
4.3	Autonomía de la batería	A_{BAT}	1	Día
4.4	Tensión nominal batería	$V_{N,BAT}$	3,2	V
4.5	Tensión banco de baterías	$V_{B,BAT}$	48	V
4.6	Constante por pérdidas en baterías	K_{BAT}	0,95	
5	**Datos inversores**			
5.1	**Tipo**	Enlazado a red		
5.1.1	Tensión máxima entrada DC	$V_{E,MAX,INVGRID}$	600	V
5.1.2	Rango Tensión entrada DC	$V_{E,INVGRID,MIN}$	220	V
		$V_{E,INVGRID,MAX}$	480	V
5.1.3	Intensidad máxima entrada DC por MPPT	$I_{E,INVGRID,MAX}$	18	A
5.1.4	Tensión salida AC	$V_{S,INVGRID}$	208	V
5.1.5	Frecuencia salida	$f_{S,INVGRID}$	60	Hz
5.1.6	Constante por pérdidas en inversor enlazado a red	$K_{INVGRID}$	0,96	
5.1.7	Salida onda	Senoidal pura		
5.2	**Tipo**	Bidireccional - Cargador de Baterías		
5.2.1	Tensión entrada DC	$V_{E,INVBAT}$	48	V
5.2.2	Tensión salida AC	$V_{S,INVBAT}$	120	V
5.2.3	Frecuencia salida	$f_{S,INVBAT}$	60	Hz
5.2.4	Constante por pérdidas en inversor bidireccional	K_{INVBAT}	0,92	
5.2.5	Salida onda	Senoidal pura		

Tabla 53. Datos de entrada para dimensionar el SISFV de una institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

6.3 Cálculo de la generación fotovoltaica

En la siguiente tabla se desarrolla el algoritmo de cálculo efectuado en Excel, para el dimensionamiento de la generación fotovoltaica del SISFV para cada tipo de institución educativa.

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{CONT} * K_{BAT} * K_{INV} * (1 - D_{MOD})) =$	L_{dm}	2187	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD}) =$	N_T	1,55	Un
	Redondear al número entero mayor:		2	Un
4	Número de módulos conectados en serie			
	Número de módulos conectados en serie	N_S	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_P = N_T / N_S =$	N_P	1	Un
6	Intensidad máxima del generador FV			
	$I_{M,G} = I_{M,MOD} * N_P =$	$I_{M,G}$	9,6	A
7	Intensidad de cortocircuito del generador por inversor			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * N_P * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	10,5	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{MAX,S,CONT}$	10,5 < 40		A
8	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	86	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	73	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,CONT,MAX}$	86 < 130		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,CONT,MIN}$	73 > 30		V
9	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	102	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,CONT}$	102 < 145		V
10	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD} =$	**$P_{M,G}$**	**800**	**W**

Tabla 54. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{CONT} * K_{BAT} * K_{INV} * (1 - D_{MOD})) =$	L_{dm}	3578	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD}) =$	N_T	2,53	Un
	Redondear al número entero mayor:		3	Un
4	Número de módulos conectados en serie			
	Número de módulos conectados en serie	N_S	1	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_P = N_T / N_{MAX,S} =$	N_P	3	Un
6	Intensidad máxima del generador FV			
	$I_{M,G} = I_{M,MOD} * N_P =$	$I_{M,G}$	28,8	A
7	Intensidad de cortocircuito del generador por inversor			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * N_P * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	31,6	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{S,CONT,MAX}$	31,6 < 60		A
8	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	43	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	36	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,CONT,MAX}$	43 < 130		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,CONT,MIN}$	36 > 30		V
9	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	51	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,CONT}$	51 < 145		V
10	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD} =$	**$P_{M,G}$**	**1200**	**W**

Tabla 55. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{CONT} * K_{BAT} * K_{INV} * (1 - D_{MOD})) =$	L_{dm}	4353	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD}) =$	N_T	3,07	Un
	Redondear al número entero mayor:		4	Un
4	Número de módulos conectados en serie			
	Número de módulos conectados en serie	N_S	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_P = N_T / N_{MAX,S} =$	N_P	2	Un
6	Intensidad máxima del generador FV			
	$I_{M,G} = I_{M,MOD} * N_P =$	$I_{M,G}$	19,2	A
7	Intensidad de cortocircuito del generador por inversor			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * N_P * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	21,1	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{S,CONT,MAX}$	21,1 < 80		A
8	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	86	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	73	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,CONT,MAX}$	86 < 130		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,CONT,MIN}$	73 > 60		V
9	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	102	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,CONT}$	102 < 145		V
10	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD} =$	**$P_{M,G}$**	**1600**	**W**

Tabla 56. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{CONT} * K_{BAT} * K_{INV} * (1 - D_{MOD})) =$	L_{dm}	7307	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD}) =$	N_T	5,16	Un
	Redondear al número entero mayor:		6	Un
4	Número de módulos conectados en serie			
	Número de módulos conectados en serie	N_S	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_P = N_T / N_{MAX,S} =$	N_P	3	Un
6	Intensidad máxima del generador FV			
	$I_{M,G} = I_{M,MOD} * N_P =$	$I_{M,G}$	28,8	A
7	Intensidad de cortocircuito del generador por inversor			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * N_P * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	31,6	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{S,CONT,MAX}$	31,6 < 80		A
8	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	86	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	73	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,CONT,MAX}$	86 < 130		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,CONT,MIN}$	73 > 60		V
9	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	102	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,CONT}$	102 < 145		V
10	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD} =$	**$P_{M,G}$**	**2400**	**W**

Tabla 57. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{CONT} * K_{BAT} * K_{INV} * (1 - D_{MOD})) =$	L_{dm}	8909	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD}) =$	N_T	6,29	Un
	Redondear al número entero par mayor:		8	Un
4	Número de módulos conectados en serie			
	Número de módulos conectados en serie	N_S	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_P = N_T / N_{MAX,S} =$	N_P	4	Un
6	Intensidad máxima del generador FV			
	$I_{M,G} = I_{M,MOD} * N_P =$	$I_{M,G}$	38,4	A
7	Intensidad de cortocircuito del generador por inversor			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * N_P * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	42,1	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{S,CONT,MAX}$	42,1 < 80		A
8	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	86	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	73	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,CONT,MAX}$	86 < 130		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,CONT,MIN}$	73 > 60		V
9	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	102	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,CONT}$	102 < 145		V
10	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD} =$	**$P_{M,G}$**	**3200**	**W**

Tabla 58. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{CONT} * K_{BAT} * K_{INV} * (1 - D_{MOD})) =$	L_{dm}	12536	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD}) =$	N_T	8,86	Un
	Redondear al número entero par mayor:		10	Un
4	Número de módulos conectados en serie			
	Número de módulos conectados en serie	N_S	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_P = N_T / N_{MAX,S} =$	N_P	5	Un
6	Intensidad máxima del generador FV			
	$I_{M,G} = I_{M,MOD} * N_P =$	$I_{M,G}$	48,0	A
7	Intensidad de cortocircuito del generador por inversor			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * N_P * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	52,7	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{S,CONT,MAX}$	52,7 < 80		A
8	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	86	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	73	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,CONT,MAX}$	86 < 130		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,CONT,MIN}$	73 > 60		V
9	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	102	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,CONT}$	102 < 145		V
10	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD} =$	**$P_{M,G}$**	**4000**	**W**

Tabla 59. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	L_{dm} = $L_{dm,AC}$ / ($K_{INVGRID}$ * K_{INVBAT} * K_{BAT} * (1 - D_{MOD})) =	L_{dm}	25038	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	N_T = L_{dm} * G_{CEM} / ($P_{M,MOD}$ * $G_{dm}(\alpha,\beta)$*PR_{MOD}) =	N_T	17,69	Un
	Redondear al número entero par mayor divisible por 2		20	Un
4	Número de inversores monofásicos enlazados a red 1Ø - 3H			
	$N_{INVGRID}$	$N_{INVGRID}$	1	Un
5	Número de módulos por inversor enlazado a red 1Ø - 3H			
	$N_{M,INV}$ = N_T / $N_{INVGRID}$	$N_{M,INVGRID}$	20	Un
6	Número máximo de módulos conectados en serie por inversor			
	$N_{MAX,S}$ = $V_{E,MAX,INVGRID}$ / $V_{OC,MOD}$ =	$N_{MAX,S}$	12,05	Un
	$N_{MAX,S}$ = $V_{E,INVGRID,MAX}$ / $V_{M,MOD}$ =		11,51	Un
	Se selecciona el menor valor		11,51	Un
7	Número de lazos conectados en paralelo por inversor			
	N_P = $N_{M,INVGRID}$ / $N_{MAX,S}$	N_P	1,74	Un
	Se redondea al número entero mayor		2	Un
8	Número de lazos conectados en serie por inversor			
	N_S = $N_{M,INVGRID}$ / N_P =	N_S	10	Un
9	Intensidad máxima del inversor enlazado a red por lazo	$I_{E,INVGRID,MAX}$	18	A
10	Intensidad de cortocircuito del generador por lazo			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	10,5	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)}$ < $I_{E,INVGRID,MAX}$	10,5 < 18		A
11	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	432	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	363	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)}$ < $V_{E,INVGRID,MAX}$	432 < 480		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)}$ > $V_{E,INVGRID,MIN}$	363 > 270		V
12	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	512	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)}$ < $V_{E,MAX,INVGRID}$	512 < 600		V
13	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G}$ = N_T * $P_{M,MOD}$ =	**$P_{M,G}$**	**8000**	**W**

Tabla 60. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{INVGRID} * K_{INVBAT} * K_{BAT} * (1 - D_{MOD})) =$	L_{dm}	37556	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD}) =$	N_T	26,53	Un
	Redondear al número entero par mayor divisible por 2		32	Un
4	Número de inversores monofásicos enlazados a red 1Ø - 3H			
	$N_{INVGRID}$	$N_{INVGRID}$	2	Un
5	Número de módulos por inversor enlazado a red 1Ø - 3H			
	$N_{M,INV} = N_T / N_{INVGRID}$	$N_{M,INVGRID}$	16	Un
6	Número máximo de módulos conectados en serie por inversor			
	$N_{MAX,S} = V_{E,MAX,INVGRID} / V_{OC,MOD} =$	$N_{MAX,S}$	12,05	Un
	$N_{MAX,S} = V_{E,INVGRID,MAX} / V_{M,MOD} =$		11,51	Un
	Se selecciona el menor valor		11,51	Un
7	Número de lazos conectados en paralelo por inversor			
	$N_P = N_{M,INVGRID} / N_{MAX,S}$	N_P	1,39	Un
	Se redondea al número entero mayor		2	Un
8	Número de lazos conectados en serie por inversor			
	$N_S = N_{M,INVGRID} / N_P =$	N_S	8	Un
9	Intensidad máxima del inversor enlazado a red por lazo	$I_{E,INVGRID,MAX}$	18	A
10	Intensidad de cortocircuito del generador por lazo			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	10,5	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{E,INVGRID,MAX}$	10,5 < 18		A
11	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	346	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	290	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,INVGRID,MAX}$	346 < 480		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,INVGRID,MIN}$	290 > 220		V
12	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	410	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,INVGRID}$	410 < 600		V
13	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD} =$	**$P_{M,G}$**	**12800**	**W**

Tabla 61. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Media diaria mensual de energía a producir en el año 10			
	$L_{dm} = L_{dm,AC} / (K_{INVGRID} * K_{INVBAT} * K_{BAT} * (1 - D_{MOD}))$ =	L_{dm}	51046	Wh
2	Irradiancia media diaria mensual (mes crítico: Noviembre) con inclinación 12°	$G_{dm}(\alpha,\beta)$	4330	Wh/m2
3	Número total de módulos			
	$N_T = L_{dm} * G_{CEM} / (P_{M,MOD} * G_{dm}(\alpha,\beta) * PR_{MOD})$ =	N_T	36,06	Un
	Redondear al número entero par mayor divisible por 3		42	Un
4	Número de inversores monofásicos enlazados a red 1Ø - 3H			
	$N_{INVGRID}$	$N_{INVGRID}$	3	Un
5	Número de módulos por inversor enlazado a red 1Ø - 3H			
	$N_{M,INV} = N_T / N_{INVGRID}$	$N_{M,INVGRID}$	14	Un
6	Número máximo de módulos conectados en serie por inversor			
	$N_{MAX,S} = V_{E,MAX,INVGRID} / V_{OC,MOD}$ =	$N_{MAX,S}$	12,05	Un
	$N_{MAX,S} = V_{E,INVGRID,MAX} / V_{M,MOD}$ =		11,51	Un
	Se selecciona el menor valor		11,51	Un
7	Número de lazos conectados en paralelo por inversor			
	$N_P = N_{M,INVGRID} / N_{MAX,S}$	N_P	1,22	Un
	Se redondea al número entero mayor		2	Un
8	Número de lazos conectados en serie por inversor			
	$N_S = N_{M,INVGRID} / N_P$ =	N_S	7	Un
9	Intensidad máxima del inversor enlazado a red por lazo	$I_{E,INVGRID,MAX}$	18	A
10	Intensidad de cortocircuito del generador por lazo			
	$I_{SC,G(Tmax)} = I_{SC,MOD} * (1 + \theta_{ISC} * (T_{max} - T_{amb}))$	$I_{SC,G(Tmax)}$	10,5	A
	Verificar que: $I_{SC,G(Tmax)} < I_{E,INVGRID,MAX}$	10,5 < 18		A
11	Tensión máxima del generador FV:			
	$V_{M,G(Tmin)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmin)}$	303	V
	$V_{M,G(Tmax)} = V_{M,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VM} * (T_{max} - T_{amb}))$	$V_{M,G(Tmax)}$	254	V
	Verificar que: $V_{M,G(Tmin)} < V_{E,INVGRID,MAX}$	303 < 480		V
	Verificar que: $V_{M,G,(Tmax)} > V_{E,INVGRID,MIN}$	290 > 220		V
12	Tensión de circuito abierto del generador FV			
	$V_{OC,G(Tmin)} = V_{OC,MOD} * N_S * (1 + \theta_{VOC} * (T_{min} - T_{amb}))$	$V_{OC,G(Tmin)}$	359	V
	Verficar que: $V_{OC,G(Tmin)} < V_{E,MAX,INVGRID}$	359 < 600		V
13	Potencia máxima del generador FV			
	$P_{M,G} = N_T * P_{M,MOD}$ =	**$P_{M,G}$**	**16800**	**W**

Tabla 62. Dimensionamiento del generador fotovoltaico de un SISFV de una institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

6.4 Cálculo del almacenamiento de energía en batería

En la siguiente tabla se desarrolla el algoritmo de cálculo efectuado en Excel, para el dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería del SISFV, para cada tipo de institución educativa.

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	2820	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	118	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	120	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	1	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	0,98	Un
	Se redondea al número entero		1	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	1	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**120**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**2880**	**Wh**

Tabla 63. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	4613	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	192	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	200	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	1	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	0,96	Un
	Se redondea al número entero		1	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	1	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**200**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**4800**	**Wh**

Tabla 64. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	5612	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	117	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	120	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	0,97	Un
	Se redondea al número entero		1	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	2	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**120**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**5760**	**Wh**

Tabla 65. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	9422	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	196	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	200	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	0,98	Un
	Se redondea al número entero		1	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	2	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**200**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**9600**	**Wh**

Tabla 66. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	11488	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	239	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	120	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	1,99	Un
	Se redondea al número entero		2	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	4	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**240**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**11520**	**Wh**

Tabla 67. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	16164	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	337	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	200	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	2	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	1,68	Un
	Se redondea al número entero		2	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	4	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**400**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**19200**	**Wh**

Tabla 68. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INVBAT} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	31625	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	659	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	700	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	15	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	0,94	Un
	Se redondea al número entero		1	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	15	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**700**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**33600**	**Wh**

Tabla 69. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	47437	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	988	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	1000	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	15	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	0,99	Un
	Se redondea al número entero		1	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	15	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**1000**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**48000**	**Wh**

Tabla 70. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Profundidad de descarga máxima diaria de la batería			
	$P_{dmax,d}$ = P_{dmax} / A_{BAT} =	$P_{dmax,d}$	70%	%
2	Capacidad nominal diaria del banco de baterías			
	$C_{BAT,Wh}$ = $L_{dm,AC}$ / (K_{BAT} * K_{INV} * $P_{dmax,d}$) =	$C_{BAT,Wh}$	64475	Wh
	$C_{BAT,Ah}$ = $C_{BAT,Wh}$ / $V_{B,BAT}$ =	$C_{BAT,Ah}$	1343	Ah
3	Capacidad nominal de la batería seleccionada			
	Se selecciona la batería comercial más cercana al valor calculado	$C_{BAT,S,Ah}$	700	Ah
4	Número de baterías conectadas en serie			
	$N_{BAT,S}$ = $V_{B,BAT}$ / $V_{N,BAT}$ =	$N_{BAT,S}$	15	Un
5	Número de ramas conectadas en paralelo			
	$N_{BAT,P}$ = $C_{BAT,Ah}$ / $C_{BAT,S,Ah}$ =	$N_{BAT,P}$	1,92	Un
	Se redondea al número entero		2	Un
6	Número total de baterías			
	$N_{BAT,T}$ = $N_{BAT,S}$ * $N_{BAT,P}$ =	$N_{BAT,T}$	30	Un
7	Capacidad nominal del banco de baterías			
	$C_{B,BAT,Ah}$ = $C_{BAT,S,Ah}$ * $N_{BAT,P}$ =	**$C_{B,BAT,Ah}$**	**1400**	**Ah**
	$C_{B,BAT,Wh}$ = $C_{B,BAT,Ah}$ * $V_{B,BAT}$ =	**$C_{B,BAT,Wh}$**	**67200**	**Wh**

Tabla 71. Dimensionamiento del almacenamiento de energía en batería de un SISFV de una institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

6.5 Cálculo del controlador de carga

En la siguiente tabla se desarrolla el algoritmo de cálculo efectuado en Excel, para el dimensionamiento del controlador del SISFV, para cada tipo de institución educativa.

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR MPPT				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Intensidad del controlador MPPT			
	Intensidad de entrada: $I_{E,CONT}$ = 1,25 * N_P * $I_{SC,MOD}$ =	$I_{E,CONT}$	13,0	A
	Intensidad de salida: $I_{S,CONT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / $V_{B,BAT}$ =	$I_{S,CONT}$	41,4	A
	Se selecciona el controlador MPPT comercial más cercano a la mayor intensidad de corriente calculada (intensidad de salida)		**40**	**A**

Tabla 72. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR MPPT				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Intensidad del controlador MPPT			
	Intensidad de entrada: $I_{E,CONT}$ = 1,25 * N_P * $I_{SC,MOD}$ =	$I_{E,CONT}$	38,9	A
	Intensidad de salida: $I_{S,CONT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / $V_{B,BAT}$ =	$I_{S,CONT}$	64,1	A
	Se selecciona el controlador MPPT comercial más cercano a la mayor intensidad de corriente calculada (intensidad de salida)		**60**	**A**

Tabla 73. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR MPPT				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Intensidad del controlador MPPT			
	Intensidad de entrada: $I_{E,CONT}$ = 1,25 * N_P * $I_{SC,MOD}$ =	$I_{E,CONT}$	25,9	A
	Intensidad de salida: $I_{S,CONT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / $V_{B,BAT}$ =	$I_{S,CONT}$	37,4	A
	Se selecciona el controlador MPPT comercial más cercano a la mayor intensidad de corriente calculada (intensidad de salida) a 48 V_{DC} de tensión		**60**	**A**

Tabla 74. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR MPPT				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Intensidad del controlador MPPT			
	Intensidad de entrada: $I_{E,CONT}$ = 1,25 * N_P * $I_{SC,MOD}$ =	$I_{E,CONT}$	38,9	A
	Intensidad de salida: $I_{S,CONT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / $V_{B,BAT}$ =	$I_{S,CONT}$	46,4	A
	Se selecciona el controlador MPPT comercial más cercano a la mayor intensidad de corriente calculada (intensidad de salida) a 48 V_{DC} de tensión		**60**	**A**

Tabla 75. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR MPPT				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Intensidad del controlador MPPT			
	Intensidad de entrada: $I_{E,CONT}$ = 1,25 * N_P * $I_{SC,MOD}$ =	$I_{E,CONT}$	51,8	A
	Intensidad de salida: $I_{S,CONT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / $V_{B,BAT}$ =	$I_{S,CONT}$	62,8	A
	Se selecciona el controlador MPPT comercial más cercano a la mayor intensidad de corriente calculada (intensidad de salida) a 48 V_{DC} de tensión		**80**	**A**

Tabla 76. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR MPPT				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Intensidad del controlador MPPT			
	Intensidad de entrada: $I_{E,CONT}$ = 1,25 * N_P * $I_{SC,MOD}$ =	$I_{E,CONT}$	64,8	A
	Intensidad de salida: $I_{S,CONT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / $V_{B,BAT}$ =	$I_{S,CONT}$	72,1	A
	Se selecciona el controlador MPPT comercial más cercano a la mayor intensidad de corriente calculada (intensidad de salida) a 48 V_{DC} de tensión		**80**	**A**

Tabla 77. Dimensionamiento del controlador de un SISFV de una institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

6.6 Cálculo del inversor

En la siguiente tabla se desarrolla el algoritmo de cálculo efectuado en Excel, para el dimensionamiento del inversor del SISFV, para cada tipo de institución educativa.

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR "OFF-GRID"				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INV}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INV}$	0,99	KW
	Se selecciona el inversor comercial más cercano al valor calculado		**1**	**KW**

Tabla 78. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR "OFF-GRID"				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INV}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INV}$	1,54	KW
	Se selecciona el inversor comercial más cercano al valor calculado		**1,5**	**KW**

Tabla 79. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR "OFF-GRID"				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INV}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INV}$	1,79	KW
	Se selecciona el inversor comercial más cercano al valor calculado		**2**	**KW**

Tabla 80. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR "OFF-GRID"				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INV}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INV}$	2,23	KW
	Se selecciona el inversor comercial más cercano al valor calculado		**2,5**	**KW**

Tabla 81. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR "OFF-GRID"				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INV}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INV}$	3,01	KW
	Se selecciona el inversor comercial más cercano al valor calculado		**3**	**KW**

Tabla 82. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR "OFF-GRID"				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INV}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INV}$	3,46	KW
	Se selecciona el inversor comercial más cercano al valor calculado		**4**	**KW**

Tabla 83. Dimensionamiento del inversor de un SISFV de una institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR ENLAZADO A RED				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia total módulos FV			
	$P_{T,M,G}$ = $P_{M,G}$ / 1000 =	$P_{T,M,G}$	8	KW
2	Potencia nominal inversor			
	$P_{IN,INVGRID}$ = $P_{T,M,G}$ / $N_{INVGRID}$ =	$P_{IN,INVGRID}$	8	KW
	$P_{OUT,INVGRID}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / ($N_{INVGRID}$ * 1000) =	$P_{OUT,INVGRID}$	6,93	KW
	Potencia nominal del inversor			
	Se selecciona el inversor comercial que cumpla con las potencias de entrada y salida	$P_{N,INVGRID}$	**7,68**	**KW**

Tabla 84. Dimensionamiento del inversor enlazado a red de un SISFV de una institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR ENLAZADO A RED				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia total módulos FV			
	$P_{T,M,G}$ = $P_{M,G}$ / 1000 =	$P_{T,M,G}$	12,8	KW
2	Potencia nominal inversor			
	$P_{IN,INVGRID}$ = $P_{T,M,G}$ / $N_{INVGRID}$ =	$P_{IN,INVGRID}$	6,4	KW
	$P_{OUT,INVGRID}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / ($N_{INVGRID}$ * 1000) =	$P_{OUT,INVGRID}$	5,43	KW
	Potencia nominal del inversor	$P_{N,INVGRID}$	**6**	**KW**
	Se selecciona el inversor comercial que cumpla con las potencias de entrada y salida			

Tabla 85. Dimensionamiento del inversor enlazado a red de un SISFV de una institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR ENLAZADO A RED				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia total módulos FV			
	$P_{T,M,G}$ = $P_{M,G}$ / 1000 =	$P_{T,M,G}$	16,8	KW
2	Potencia nominal inversor			
	$P_{IN,INVGRID}$ = $P_{T,M,G}$ / $N_{INVGRID}$ =	$P_{IN,INVGRID}$	5,6	KW
	$P_{OUT,INVGRID}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / ($N_{INVGRID}$ * 1000) =	$P_{OUT,INVGRID}$	4,62	KW
	Potencia nominal del inversor	$P_{N,INVGRID}$	**5**	**KW**
	Se selecciona el inversor comercial que cumpla con las potencias de entrada y salida			

Tabla 86. Dimensionamiento del inversor enlazado a red de un SISFV de una institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR BIDIRECCIONAL CARGADOR DE BATERIAS				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INVBAT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INVBAT}$	6,93	KW
2	Nº de inversores bidireccionales			
	N_{INVBAT}	N_{INVBAT}	2	Un
3	Potencia nominal inversor			
	$P_{N,INVBAT}$ = $P_{T,INVBAT}$ / N_{INVBAT} =	$P_{N,INVBAT}$	3,46	KW
	Se selecciona el inversor comercial por encima del valor calculado		**4,5**	**KW**

Tabla 87. Dimensionamiento del inversor bidireccional cargador de baterías de un SISFV de una institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR BIDIRECCIONAL CARGADOR DE BATERIAS				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INVBAT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INVBAT}$	10,86	KW
2	Nº de inversores bidireccionales			
	N_{INVBAT}	N_{INVBAT}	2	Un
3	Potencia nominal inversor			
	$P_{N,INVBAT}$ = $P_{T,INVBAT}$ / N_{INVBAT} =	$P_{N,INVBAT}$	5,43	KW
	Se selecciona el inversor comercial por encima del valor calculado		**5,75**	**KW**

Tabla 88. Dimensionamiento del inversor bidireccional cargador de baterías de un SISFV de una institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR BIDIRECCIONAL CARGADOR DE BATERIAS				
Item	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Potencia Total			
	$P_{T,INVBAT}$ = 1.25 * $P_{AC,MAX}$ / 1000 =	$P_{T,INVBAT}$	13,85	KW
2	Nº de inversores bidireccionales			
	N_{INVBAT}	N_{INVBAT}	3	Un
3	Potencia nominal inversor			
	$P_{N,INVBAT}$ = $P_{T,INVBAT}$ / N_{INVBAT} =	$P_{N,INVBAT}$	4,62	KW
	Se selecciona el inversor comercial por encima del valor calculado		**5,75**	**KW**

Tabla 89. Dimensionamiento del inversor bidireccional cargador de baterías de un SISFV de una institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

6.7 Cálculo de protecciones y conductores

En la siguiente tabla se desarrolla el algoritmo de cálculo efectuado en Excel, para el dimensionamiento de las protecciones y el calibre de los conductores del SISFV, para cada tipo de institución educativa.

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre los módulos fotovoltaicos en serie y el controlador MPPT			
	Intensidad: $I_{S,M,G} = 1.25 * I_{SC,MOD} * N_P$	$I_{S,M,G}$	13,0	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 16	A
2	Entre el controlador MPPT y el banco de baterías			
	Intensidad: $I_{S,CON}$	$I_{S,CON}$	41,4	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 40	A
3	Entre el banco de baterías y el inversor			
	Intensidad: $I_{E,INV} = 1,25 * P_{AC,MAX} / V_{E,INV}$	$I_{E,INV}$	41,4	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 40	A
4	Entre el inversor y la carga AC			
	Intensidad: $I_L = 1,25 * P_{T,INV} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INV})$	I_L	11,6	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		3 x N° 12	AWG
	Interruptor termomagnético 120 V_{AC} - 10 KA		1 x 16	A

Tabla 90. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre los módulos fotovoltaicos en serie y el controlador MPPT			
	Intensidad: $I_{S,M,G} = 1.25 * I_{SC,MOD} * N_P$	$I_{S,M,G}$	38,9	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 40	A
2	Entre el controlador MPPT y el banco de baterías			
	Intensidad: $I_{S,CON}$	$I_{S,CON}$	64,1	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 63	A
3	Entre el banco de baterías y el inversor			
	Intensidad: $I_{E,INV} = 1,25 * P_{AC,MAX} / V_{E,INV}$	$I_{E,INV}$	64,1	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 63	A
4	Entre el inversor y la carga AC			
	Intensidad: $I_L = 1,25 * P_{T,INV} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INV})$	I_L	17,4	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		3 x N° 12	AWG
	Interruptor termomagnético 120 V_{AC} - 10 KA		1 x 20	A

Tabla 91. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre los módulos fotovoltaicos en serie y el controlador MPPT			
	Intensidad: $I_{S,M,G} = 1.25 * I_{SC,MOD} * N_P$	$I_{S,M,G}$	25,9	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 25	A
2	Entre el controlador MPPT y el banco de baterías			
	Intensidad: $I_{S,CON}$	$I_{S,CON}$	37,4	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 40	A
3	Entre el banco de baterías y el inversor			
	Intensidad: $I_{E,INV} = 1,25 * P_{AC,MAX} / V_{E,INV}$	$I_{E,INV}$	37,4	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 40	A
4	Entre el inversor y la carga AC			
	Intensidad: $I_L = 1,25 * P_{T,INV} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INV})$	I_L	23,1	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		3 x N° 10	AWG
	Interruptor termomagnético 120 V_{AC} - 10 KA		1 x 25	A

Tabla 92. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre los módulos fotovoltaicos en serie y el controlador MPPT			
	Intensidad: $I_{S,M,G} = 1.25 * I_{SC,MOD} * N_P$	$I_{S,M,G}$	38,9	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 6	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 40	A
2	Entre el controlador MPPT y el banco de baterías			
	Intensidad: $I_{S,CON}$	$I_{S,CON}$	46,4	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 6	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 50	A
3	Entre el banco de baterías y el inversor			
	Intensidad: $I_{E,INV} = 1,25 * P_{AC,MAX} / V_{E,INV}$	$I_{E,INV}$	46,4	A
	Cable cobre bipolar encauchetado aislado 600 V - 90°C		2 x N° 6	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 50	A
4	Entre el inversor y la carga AC			
	Intensidad: $I_L = 1,25 * P_{T,INV} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INV})$	I_L	28,9	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		3 x N° 10	AWG
	Interruptor termomagnético 120 V_{AC} - 10 KA		1 x 32	A

Tabla 93. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre los módulos fotovoltaicos en serie y el controlador MPPT			
	Intensidad: $I_{S,M,G} = 1.25 * I_{SC,MOD} * N_P$	$I_{S,M,G}$	51,8	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 50	A
2	Entre el controlador MPPT y el banco de baterías			
	Intensidad: $I_{S,CON}$	$I_{S,CON}$	62,8	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 63	A
3	Entre el banco de baterías y el inversor			
	Intensidad: $I_{E,INV} = 1,25 * P_{AC,MAX} / V_{E,INV}$	$I_{E,INV}$	62,8	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 63	A
4	Entre el inversor y la carga AC			
	Intensidad: $I_L = 1,25 * P_{T,INV} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INV})$	I_L	34,7	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		3 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 120 V_{AC} - 10 KA		1 x 40	A

Tabla 94. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre los módulos fotovoltaicos en serie y el controlador MPPT			
	Intensidad: $I_{S,M,G} = 1.25 * I_{SC,MOD} * N_P$	$I_{S,M,G}$	64,8	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 2	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 63	A
2	Entre el controlador MPPT y el banco de baterías			
	Intensidad: $I_{S,CON}$	$I_{S,CON}$	72,1	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 2	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 80	A
3	Entre el banco de baterías y el inversor			
	Intensidad: $I_{E,INV} = 1,25 * P_{AC,MAX} / V_{E,INV}$	$I_{E,INV}$	72,1	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		2 x N° 2	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 80	A
4	Entre el inversor y la carga AC			
	Intensidad: $I_L = 1,25 * P_{T,INV} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INV})$	I_L	46,3	A
	Cable cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C		3 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 120 V_{AC} - 10 KA		1 x 50	A

Tabla 95. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre cada lazo de los módulos fotovotaicos en serie y el inversor enlazado a red			
	Intensidad: $I_{MOD,S} = 1.25 * I_{SC,MOD}$	$I_{MOD,S}$	13	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		2 x N° 12	AWG
	Interruptor termomagnético 600 V_{DC} - 10 KA		2 x 16	A
2	Entre el inversor enlazado a red y el tablero de protecciones AC			
	Intensidad: $I_{INVGRID,S} = 1.25 * P_{N,INVGRID} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVGRID}) =$	$I_{INVGRID,S}$	44	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		2 x 50	A
3	Entre el banco de baterías en serie y el barraje DC			
	Intensidad: $I_{INVBAT,E} = 1.25 * N_{INVBAT} * P_{N,INVBAT} * 1000 / (V_{E,INVBAT} * N_{BAT,P})$	$I_{INVBAT,E}$	234	A
	Cable cobre batería monopolar aislado 600 V - 90°C		4 x Nº 1/0	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 250	A
4	Entre el barraje DC y el inversor bidireccional			
	Intensidad: $I_{INVBAT,E} = 1.25 * P_{N,INVBAT} * 1000 / V_{E,INVBAT}$	$I_{INVBAT,E}$	117	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		2 x N° 1/0	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 125	A
5	Entre el inversor bidireccional y el tablero de protecciones AC			
	Intensidad: $I_{INVBAT,S} = 1.25 * P_{N,INVBAT} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVBAT})$	$I_{INVBAT,S}$	52,1	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x N° 6	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		1 x 63	A
6	Entre el tablero de protecciones AC y la carga			
	Intensidad: $I_L = 1.25 * N_{INVGRID} * P_{N,INVGRID} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVGRID})$	I_L	44,4	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x Nº 6	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		2 x 63	A
	DPS supresor de transitorios 3Ø, 240 V_{AC} - 70 KA		1	Un

Tabla 96. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre cada lazo de los módulos fotovotaicos en serie y el inversor enlazado a red			
	Intensidad: $I_{MOD,S} = 1.25 * I_{SC,MOD}$	$I_{MOD,S}$	13	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		2 x N° 12	AWG
	Interruptor termomagnético 600 V_{DC} - 10 KA		2 x 16	A
2	Entre el inversor enlazado a red y el tablero de protecciones AC			
	Intensidad: $I_{INVGRID,S} = 1.25 * P_{N,INVGRID} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVGRID}) =$	$I_{INVGRID,S}$	35	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		2 x 40	A
3	Entre el banco de baterías en serie y el barraje DC			
	Intensidad: $I_{INVBAT,E} = 1.25 * N_{INVBAT} * P_{N,INVBAT} * 1000 / (V_{E,INVBAT} * N_{BAT,P})$	$I_{INVBAT,E}$	299	A
	Cable cobre batería monopolar aislado 600 V - 90°C		6 x Nº 2	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 320	A
4	Entre el barraje DC y el inversor bidireccional			
	Intensidad: $I_{INVBAT,E} = 1.25 * P_{N,INVBAT} * 1000 / V_{E,INVBAT}$	$I_{INVBAT,E}$	150	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		2 x N° 2/0	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 160	A
5	Entre el inversor bidireccional y el tablero de protecciones AC			
	Intensidad: $I_{INVBAT,S} = 1.25 * P_{N,INVBAT} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVBAT})$	$I_{INVBAT,S}$	66,6	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		1 x 80	A
6	Entre el tablero de protecciones AC y la carga			
	Intensidad: $I_L = 1.25 * N_{INVGRID} * P_{N,INVGRID} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVGRID})$	I_L	69,4	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x Nº 4	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		2 x 80	A
	DPS supresor de transitorios 3Ø, 240 V_{AC} - 70 KA		1	Un

Tabla 97. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES Y LOS CONDUCTORES				
Ítem	**Descripción**	**Símbolo**	**Cant.**	**Und.**
1	Entre cada lazo de los módulos fotovotaicos en serie y el inversor enlazado a red			
	Intensidad: $I_{MOD,S} = 1.25 * I_{SC,MOD}$	$I_{MOD,S}$	13	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		2 x N° 12	AWG
	Interruptor termomagnético 600 V_{DC} - 10 KA		2 x 16	A
2	Entre el inversor enlazado a red y el tablero de protecciones AC			
	Intensidad: $I_{INVGRID,S} = 1.25 * P_{N,INVGRID} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVGRID}) =$	$I_{INVGRID,S}$	33	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x N° 8	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		2 x 40	A
3	Entre cada banco de baterías en serie y el barraje DC			
	Intensidad: $I_{INVBAT,E} = 1.25 * N_{INVBAT} * P_{N,INVBAT} * 1000 / (V_{E,INVBAT} * N_{BAT,P})$	$I_{INVBAT,E}$	225	A
	Cable cobre batería monopolar aislado 600 V - 90°C		4 x Nº 1/0	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 250	A
4	Entre el barraje DC y el inversor bidireccional			
	Intensidad: $I_{INVBAT,E} = 1.25 * P_{N,INVBAT} * 1000 / V_{E,INVBAT}$	$I_{INVBAT,E}$	150	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		2 x N° 2/0	AWG
	Interruptor termomagnético 125 V_{DC} - 10 KA		2 x 160	A
5	Entre el inversor bidireccional y el tablero de protecciones AC			
	Intensidad: $I_{INVBAT,S} = 1.25 * P_{N,INVBAT} * 1000 / (\cos\Phi * V_{S,INVBAT})$	$I_{INVBAT,S}$	66,6	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x N° 4	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		1 x 80	A
6	Entre el tablero de protecciones AC y la carga			
	Intensidad: $I_L = 1.25 * N_{INVGRID} * P_{N,INVGRID} * 1000 / (RAIZ(3) * \cos\Phi * V_{S,INVGRID})$	I_L	57,8	A
	Cable cobre aislado monopolar THHN 600 V - 90°C		3 x Nº 4	AWG
	Interruptor termomagnético 240 V_{AC} - 10 KA		3 x 80	A
	DPS supresor de transitorios 3Ø, 240 V_{AC} - 70 KA		1	Un

Tabla 98. Dimensionamiento de las protecciones y los conductores de un SISFV de una institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

De las anteriores tablas se observa que se seleccionan las protecciones comerciales más cercanas a las intensidades calculadas, para garantizar la protección de los equipos del SISFV.

Las acometidas entre los módulos conectados en serie y el controlador se selecciona en cable de cobre bipolar encauchetado aislado en PVC 600 V - 90°C hasta el calibre No. 6 AWG, y cable de cobre monopolar aislado THHN 600 V - 90°C para calibres desde No. 4 hasta No. 2/0 AWG, no tanto por la corriente que transportan, pues su capacidad nominal es mayor a dicha corriente transportada, sino por la regulación de tensión que se debe mantener en un nivel bajo para garantizar la calidad del servicio (máximo el 3%), debido a la caída de tensión por la distancia (aproximadamente 15 metros) entre los paneles y el gabinete que alberga los equipos, como el controlador.

En las siguientes tablas se efectúa el cálculo de regulación de los conductores en DC seleccionados, para los sistemas de cada tipo de institución educativa, de tal forma que cumplan con los criterios de regulación para garantizar la calidad del servicio. Se utiliza como criterio un máximo del 3% permitido de caída de tensión en DC.

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Paneles SFV y Controlador	0,80	0,083	9,6	8	8	50	2,55	7,33226E-02	15	0,88	0,88	2x16A	Ø 3/4"
2	Cableado entre Controlador y Batería	0,80	0,024	33,3	8	8	50	2,55	8,85417E-01	1	0,71	1,59	2x40A	
3	Cableado entre Batería e Inversor	1,00	0,024	41,7	8	8	50	2,55	8,85417E-01	1	0,89	2,47	2x40A	

Tabla 99. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo I
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Paneles SFV y Controlador	1,20	0,042	28,8	4	4	85	1,01	1,16166E-01	15	2,09	2,09	2x40A	Ø 1"
2	Cableado entre Controlador y Batería	1,20	0,024	50,0	4	4	85	1,01	3,50694E-01	1	0,42	2,51	2x63A	
3	Cableado entre Batería e Inversor	1,50	0,024	62,5	4	4	85	1,01	3,50694E-01	1	0,53	3,04	2x63A	

Tabla 100. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo II
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Paneles SFV y Controlador	1,60	0,0834	19,2	8	8	50	2,55	7,33226E-02	15	1,76	1,76	2x25A	Ø 3/4"
2	Cableado entre Controlador y Batería	1,60	0,048	33,3	8	8	50	2,55	2,21354E-01	1	0,35	2,11	2x40A	
3	Cableado entre Batería e Inversor	2,00	0,048	41,7	8	8	50	2,55	2,21354E-01	1	0,44	2,56	2x40A	

Tabla 101. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo III
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Paneles SFV y Controlador	2,40	0,0834	28,8	6	6	65	1,61	4,62939E-02	15	1,67	1,67	2x40A	Ø 1"
2	Cableado entre Controlador y Batería	2,40	0,048	50,0	6	6	65	1,61	1,39757E-01	1	0,34	2,00	2x50A	
3	Cableado entre Batería e Inversor	2,50	0,048	52,1	6	6	65	1,61	1,39757E-01	1	0,35	2,35	2x50A	

Tabla 102. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo IV
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Paneles SFV y Controlador	3,20	0,0834	38,4	4	4	85	1,01	2,90415E-02	15	1,39	1,39	2x50A	Ø 1"
2	Cableado entre Controlador y Batería	3,20	0,048	66,7	4	4	85	1,01	8,76736E-02	1	0,28	1,67	2x63A	
3	Cableado entre Batería e Inversor	3,00	0,048	62,5	4	4	85	1,01	8,76736E-02	1	0,26	1,94	2x63A	

Tabla 103. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo V
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Paneles SFV y Controlador	4,00	0,0834	48,0	2	2	115	0,64	1,84025E-02	15	1,10	1,10	2x63A	Ø 1"
2	Cableado entre Controlador y Batería	4,00	0,048	83,3	2	2	115	0,64	5,55556E-02	1	0,22	1,33	2x80A	
3	Cableado entre Batería e Inversor	4,00	0,048	83,3	2	2	115	0,64	5,55556E-02	1	0,22	1,55	2x80A	

Tabla 104. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo VI
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Lazo Paneles SFV e Inversor enlazado a red	4,00	0,417	9,6	12	12	25	6,73	7,74057E-03	20	0,62	0,62	2x16A	Ø 1"
2	Cableado entre banco de baterías y TDC	9,00	0,048	187,5	2 x 1/0	2 x 1/0	300	0,417	3,61979E-02	5	0,81	0,81	2x250A	Ø 1 1/2"
3	Cableado entre TDC e Inversor bidireccional	4,50	0,048	93,8	1/0	1/0	150	0,417	3,61979E-02	5	0,81	1,63	2x125A	Ø 1 1/2"

Tabla 105. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Lazo Paneles SFV e Inversor enlazado a red	3,20	0,417	7,7	12	12	25	6,73	7,74057E-03	20	0,50	0,50	2x16A	Ø 1"
2	Cableado entre banco de baterías y TDC	11,50	0,048	239,6	3 x 2	3 x 2	345	0,64	5,55556E-02	5	1,06	1,06	2x320A	Ø 1 1/2"
3	Cableado entre TDC e Inversor bidireccional	5,75	0,048	119,8	2/0	2/0	175	0,331	2,87326E-02	5	0,83	1,89	2x160A	Ø 1 1/2"

Tabla 106. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo IX
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	TENSIÓN DC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V					LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA PVC
					CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KW*L*C %	ACUMULADA %		
					+	-								
1	Cableado entre Lazo Paneles SFV e Inversor enlazado a red	2,80	0,417	6,7	12	12	25	6,73	7,74057E-03	20	0,43	0,43	2x16A	Ø 1"
2	Cableado entre banco de baterías y TDC	9,00	0,048	187,5	2 x 1/0	2 x 1/0	300	0,417	3,61979E-02	5	0,81	0,81	2x250A	Ø 1 1/2"
3	Cableado entre TDC e Inversor bidireccional	5,75	0,048	119,8	2/0	2/0	175	0,331	2,87326E-02	5	0,83	1,64	2x160A	Ø 1 1/2"

Tabla 107. Calculo regulación conductores tensión DC para institución educativo tipo X
Fuente: Elaboración propia

De las anteriores tablas se observa que los calibres de los conductores seleccionados en los cables DC de los proyectos de SISFV para los tipos de instituciones educativas, arrojan una regulación máxima acumulada del 3,04%, valor que garantiza un buen nivel de tensión en la entrada del inversor, cercano al criterio máximo establecido del 3%, y garantizando una capacidad de corriente por encima de la corriente máxima demandada por la carga entre la batería y el inversor.

En las siguientes tablas se efectúa el cálculo de regulación en el lado de tensión AC, para lo cual se seleccionan los conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 hasta No. 4 AWG, los cuales cumplen ampliamente con el criterio de regulación y la capacidad de corriente demandada.

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor y Tablero Distribución	1,00	0,9	1,11	0,12	9,3	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	5	0,46	0,46	1x16A	Ø 3/4"
2	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,20	0,9	0,22	0,12	1,9	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	15	0,28	0,74	1x15A	Ø 3/4"
3	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	12	0,89	1,35	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 108. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor y Tablero Distribución	1,50	0,9	1,67	0,12	13,9	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	5	0,69	0,69	1x16A	Ø 3/4"
2	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	15	0,55	1,25	1x15A	Ø 3/4"
3	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	12	0,89	1,58	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 109. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor y Tablero Distribución	2,00	0,9	2,22	0,12	18,5	10	10	35	3,94	0,164	3,6175	5,02429E-02	5	0,56	0,56	1x20A	Ø 3/4"
2	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	15	0,55	1,11	1x15A	Ø 3/4"
3	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	12	0,89	1,44	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 110. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor y Tablero Distribución	2,50	0,9	2,78	0,12	23,1	10	10	35	3,94	0,164	3,6175	5,02429E-02	5	0,70	0,70	1x25A	Ø 3/4"
2	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	15	0,55	1,25	1x15A	Ø 3/4"
3	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	12	0,89	1,58	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 111. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor y Tablero Distribución	3,00	0,9	3,33	0,12	27,8	8	8	50	2,56	0,171	2,3785	3,30352E-02	5	0,55	0,55	1x32A	Ø 3/4"
2	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	15	0,55	1,10	1x15A	Ø 3/4"
3	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	12	0,89	1,44	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 112. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor y Tablero Distribución	4,00	0,9	4,44	0,12	37,0	8	8	50	2,56	0,171	2,3785	3,30352E-02	5	0,73	0,73	1x40A	Ø 3/4"
2	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	15	0,55	1,29	1x15A	Ø 3/4"
3	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,177	5,9812	8,30716E-02	12	0,89	1,62	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 113. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor enlazado a red y TAC	7,68	0,9	8,53	0,24	35,6	8	8	50	2,56	0,213	2,3968	8,32238E-03	5	0,36	0,36	2x50A	Ø 1"
2	Cableado entre Inversor bidireccional y TAC	4,50	0,9	5,00	0,12	41,7	6	6	65	1,61	0,210	1,5405	2,13963E-02	5	0,53	0,53	1x63A	Ø 1"
3	Cableado entre TAC y Carga	9,00	0,9	10,00	0,24	41,7	6	6	65	1,61	0,210	1,5405	5,34909E-03	20	1,07	1,60	2x63A	
4	Cableado entre TAC y Tablero Distribución	4,50	0,9	5,00	0,24	20,8	8	8	50	2,56	0,213	2,3968	8,32238E-03	20	0,83	1,37	2x40A	Ø 3/4"
5	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,223	6,0012	8,33500E-02	15	0,56	1,92	1x15A	Ø 3/4"
6	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,223	6,0012	8,33500E-02	12	0,89	2,26	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 114. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor enlazado a red y TAC	6,00	0,9	6,67	0,24	27,8	8	8	50	2,56	0,213	2,3968	8,32238E-03	5	0,28	0,28	2x40A	Ø 1"
2	Cableado entre Inversor bidireccional y TAC	5,75	0,9	6,39	0,12	53,2	4	4	85	1,02	0,197	1,0039	1,39426E-02	5	0,45	0,45	1x80A	Ø 1"
3	Cableado entre TAC y Carga	12,00	0,9	13,33	0,24	55,6	4	4	85	1,02	0,197	1,0039	3,48566E-03	20	0,93	1,37	2x80A	
4	Cableado entre TAC y Tablero Distribución	6,00	0,9	6,67	0,24	27,8	8	8	50	2,56	0,213	2,3968	8,32238E-03	20	1,11	1,56	2x40A	Ø 3/4"
5	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,223	6,0012	8,33500E-02	15	0,56	2,11	1x15A	Ø 3/4"
6	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,223	6,0012	8,33500E-02	12	0,89	2,44	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 115. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCION	CARGA KW	FP cos Ø	CARGA KVA	TENSIÓN AC KV	CORRIENTE A	CONDUCTOR MONOPOLAR CABLE DE COBRE THHN - 90°C - 600 V							LONGITUD ACOMETIDA L (m)	REGULACION		PROTECCIÓN	Ø DUCTERÍA EMT
							CALIBRE AWG		CAP. COR. A	R (75°C) Ω/Km	XL Ω/Km	ZL (75°C) Ω/Km	CONSTANTE REGULACIÓN C		KVA*L*C %	ACUMULADA %		
							FASE	NEUTRO										
1	Cableado entre Inversor enlazado a red y TAC	5,00	0,9	5,56	0,208	26,7	8	8	50	2,56	0,213	2,3968	1,10801E-02	5	0,31	0,31	2x40A	Ø 1"
2	Cableado entre Inversor bidireccional y TAC	5,75	0,9	6,39	0,12	53,2	4	4	85	1,02	0,197	1,0039	1,39426E-02	5	0,45	0,45	1x80A	Ø 1"
3	Cableado entre TAC y Carga	17,25	0,9	19,17	0,208	53,2	4	4	85	1,02	0,197	1,0039	2,32034E-03	20	0,89	1,33	3x70-100A	
4	Cableado entre TAC y Tablero Distribución	5,75	0,9	6,39	0,208	17,7	8	8	50	2,56	0,213	2,3968	5,54004E-03	20	0,71	1,15	3x40A	Ø 3/4"
5	Circuito Tablero Distribución a Salidas Iluminación	0,40	0,9	0,44	0,12	3,7	12	12	25	6,56	0,223	6,0012	8,33500E-02	15	0,56	1,71	1x15A	Ø 3/4"
6	Circuito Tablero Distribución a Salidas Tomas	0,80	0,9	0,89	0,12	7,4	12	12	25	6,56	0,223	6,0012	8,33500E-02	12	0,89	2,04	1x15A	Ø 3/4"

Tabla 116. Calculo regulación conductores tensión AC de una institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

De los resultados de las anteriores tablas se concluye que los conductores seleccionados para el lado de tensión AC, cumplen con el criterio del porcentaje de regulación de la tensión, el cual debe estar por debajo del 3%, además de soportar ampliamente la capacidad de corriente demandada por la carga.

Además los conductores entre los paneles soportados por la estructura instalada en el exterior de cada institución educativa tipo I al VIII y el gabinete metálico que alberga el controlador, inversor y baterías, instalados en el interior de dichas instituciones educativas, irán canalizados en tubería conduit PVC Φ 3/4", Φ 1" y Φ 1 1/2" subterránea, y el afloramiento expuesto del piso al gabinete dentro de la institución educativa irá en tubería metálica galvanizada EMT Φ 3/4", Φ 1" y Φ 1 1/2". Los conductores entre el gabinete metálico y el tablero de distribución irán en tubería metálica galvanizada EMT Φ 3/4" y Φ 1" expuesta, mientras que los ramales que alimentan las salidas de iluminación y tomas, irán en tubería metálica galvanizada EMT Φ3/4" expuesta y asegurada a los muros y techos dentro de la construcción de la institución educativa. Las cajas metálicas de las salidas de las instalaciones eléctricas internas, junto con la tubería metálica expuesta, el tablero de distribución y el gabinete metálico deben ser equipotencializados.

Para la selección del calibre de los conductores, de las protecciones y del diámetro de la tubería se utilizan las tablas establecidas en la NTC 2050: Tabla 210-24 (Pg. 57); Tabla 310-16 (Pg.154); Tablas 8 y 9 (Pgs. 728 y 729); Apéndice C – Tablas C1 (Pgs. 773 a 777) y C11 (Pgs. 836 a 841), de donde se concluye que las especificaciones seleccionadas cumplen ampliamente con las exigencias mínimas establecidas en las normas resumidas en dichas tablas.

6.8 Simulación de la operación del SISFV dimensionado

Con el fin de comprobar el correcto funcionamiento de los SISFV dimensionados para cada tipo de institución educativa, se analizan dos simulaciones para observar su desempeño con 14 días soleados, y con un día sin sol y luego trece días soleados (autonomía de un día), en el mes crítico de menor radiación solar correspondiente a noviembre y en el año 10 de operación del sistema.

En las siguientes gráficas se observa el desempeño de los SISFV dimensionados en las 2 condiciones analizadas para cada tipo de institución educativa.

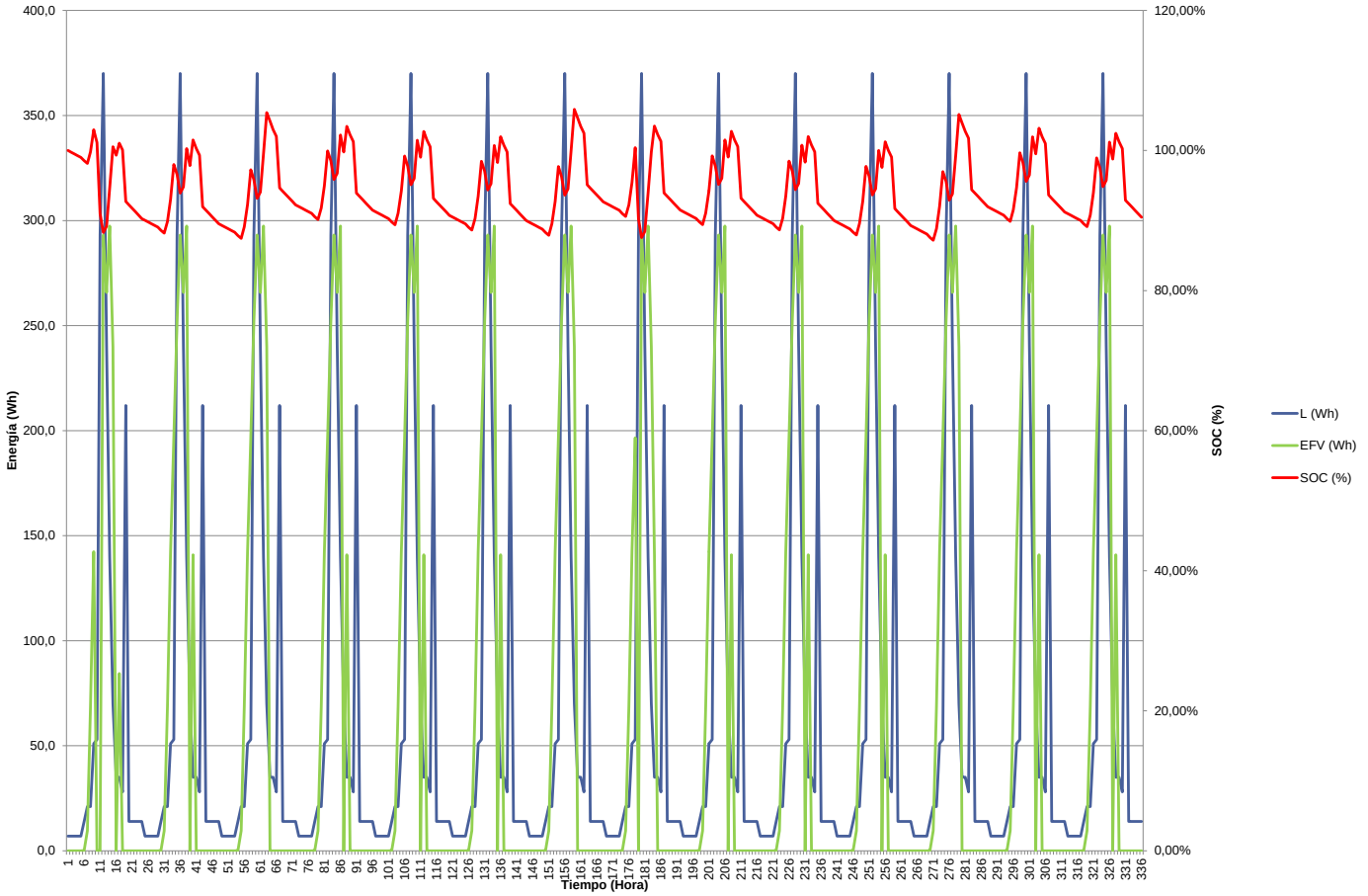


Figura 31. Simulación de la operación del SISFV de 800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 800 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga de la batería Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como la batería de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 87% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 13%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

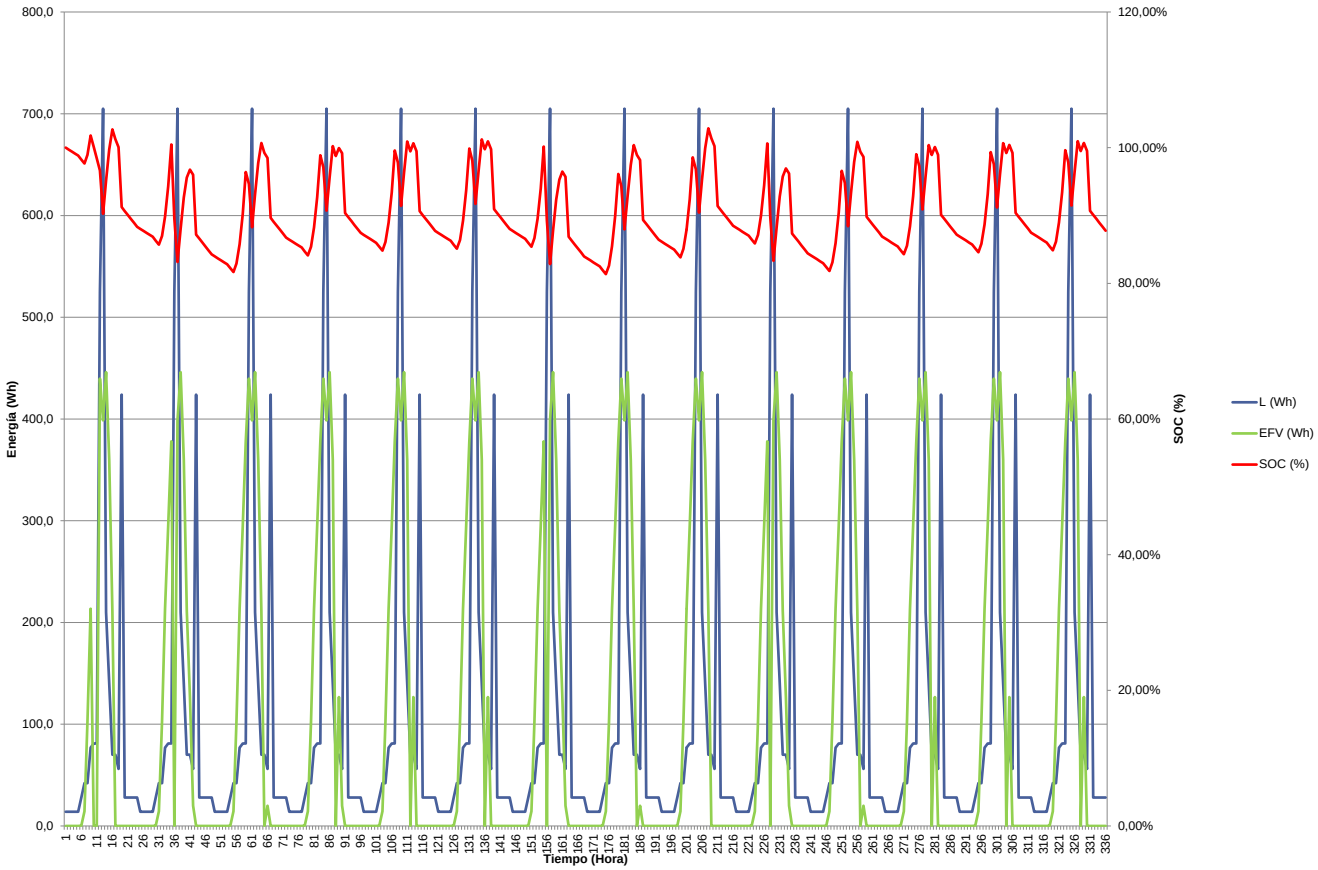


Figura 32. Simulación de la operación del SISFV de 1200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 1200 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 81% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 19%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

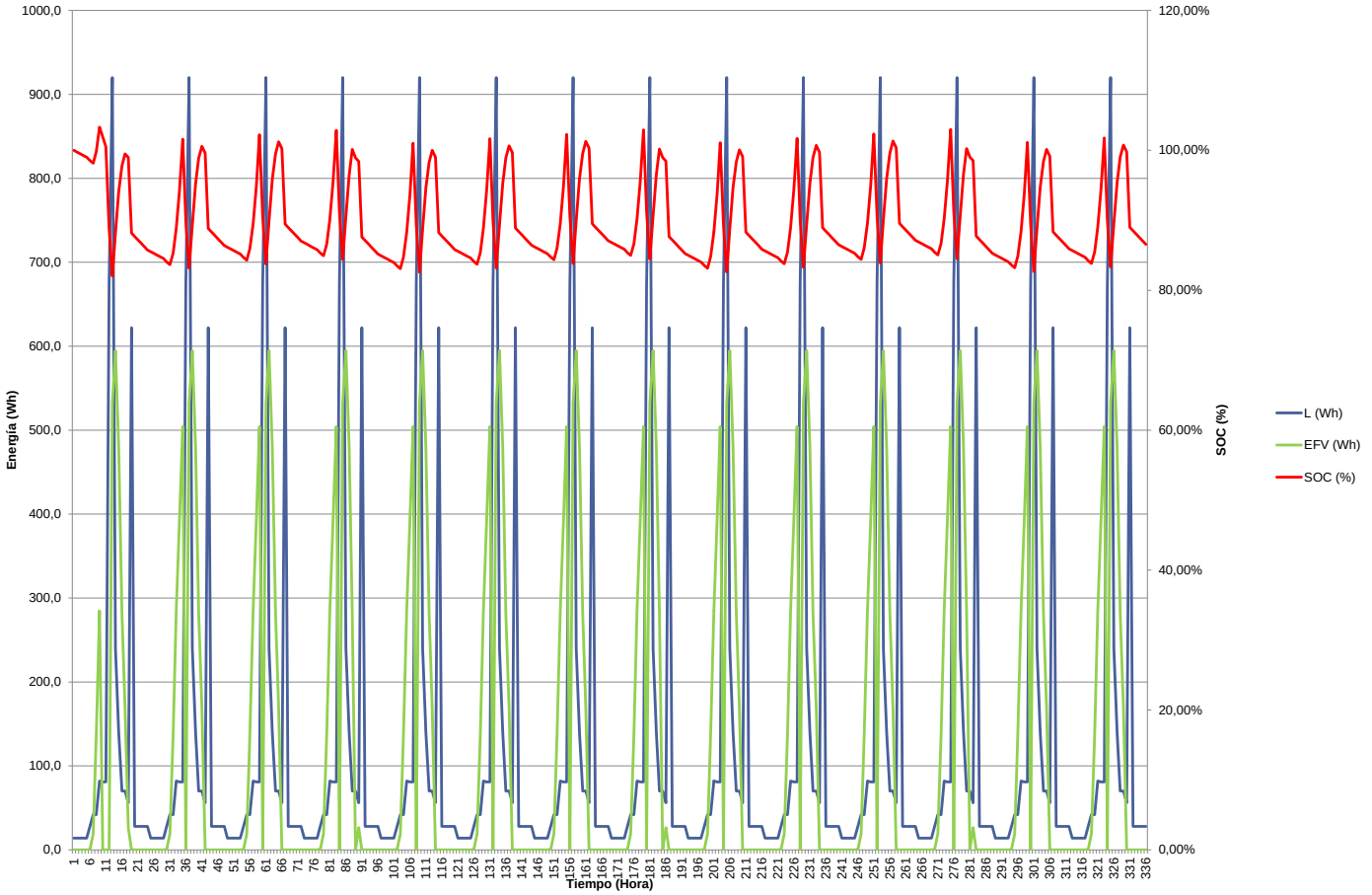


Figura 33. Simulación de la operación del SISFV de 1600 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 1600 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 82% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 18%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

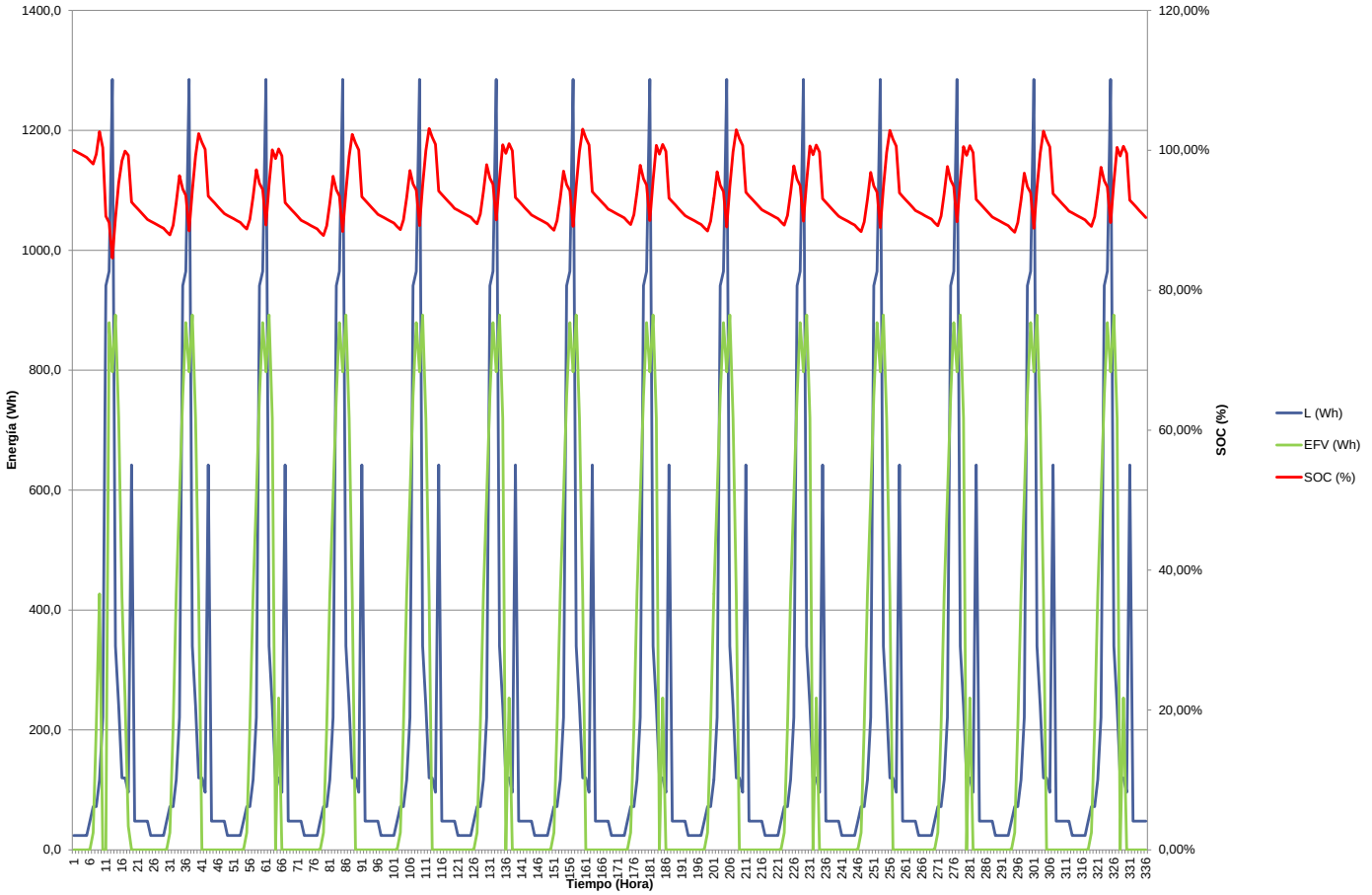


Figura 34. Simulación de la operación del SISFV de 2400 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 2400 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 84% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 16%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

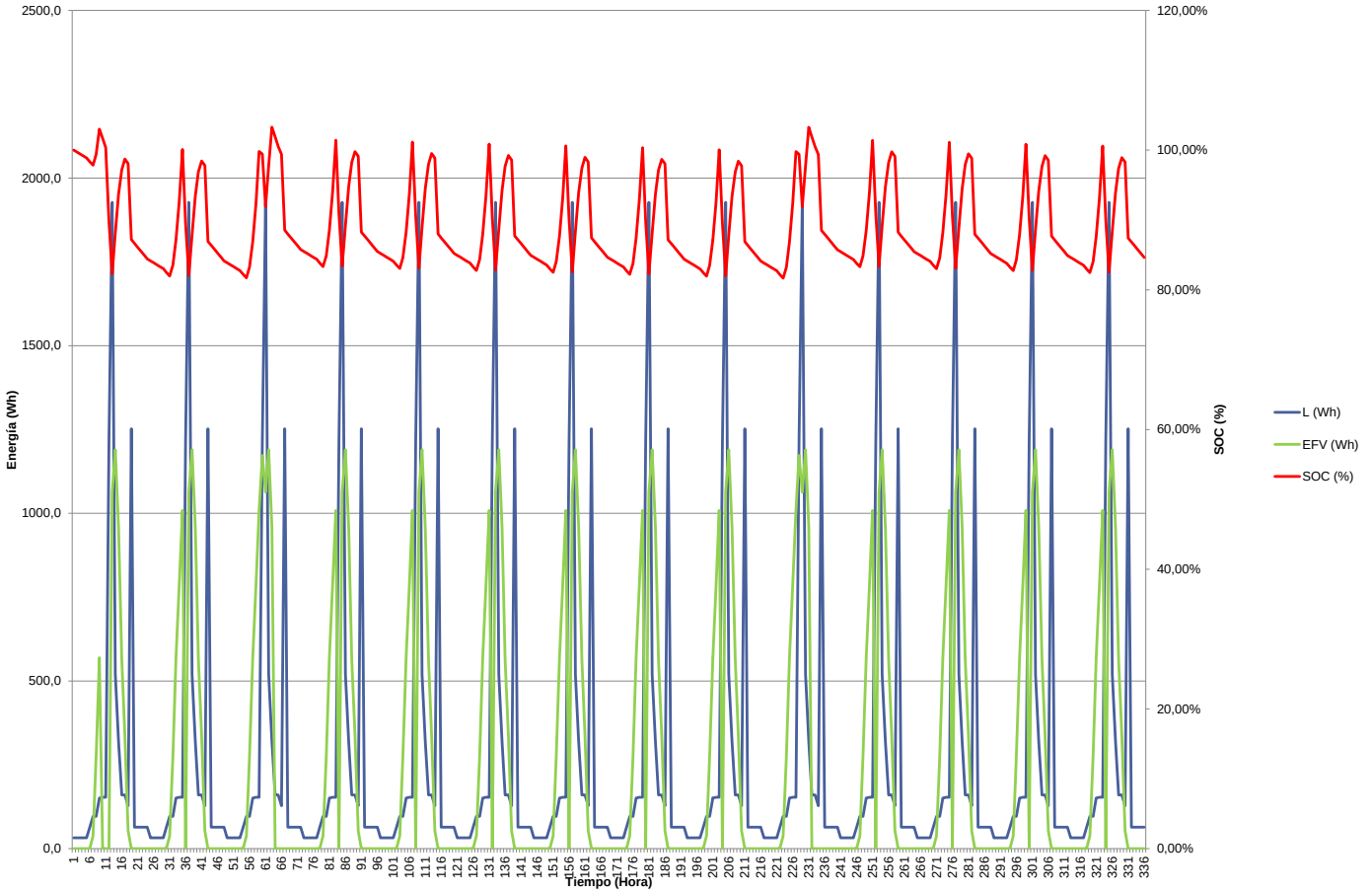


Figura 35. Simulación de la operación del SISFV de 3200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 3200 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 81% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 19%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

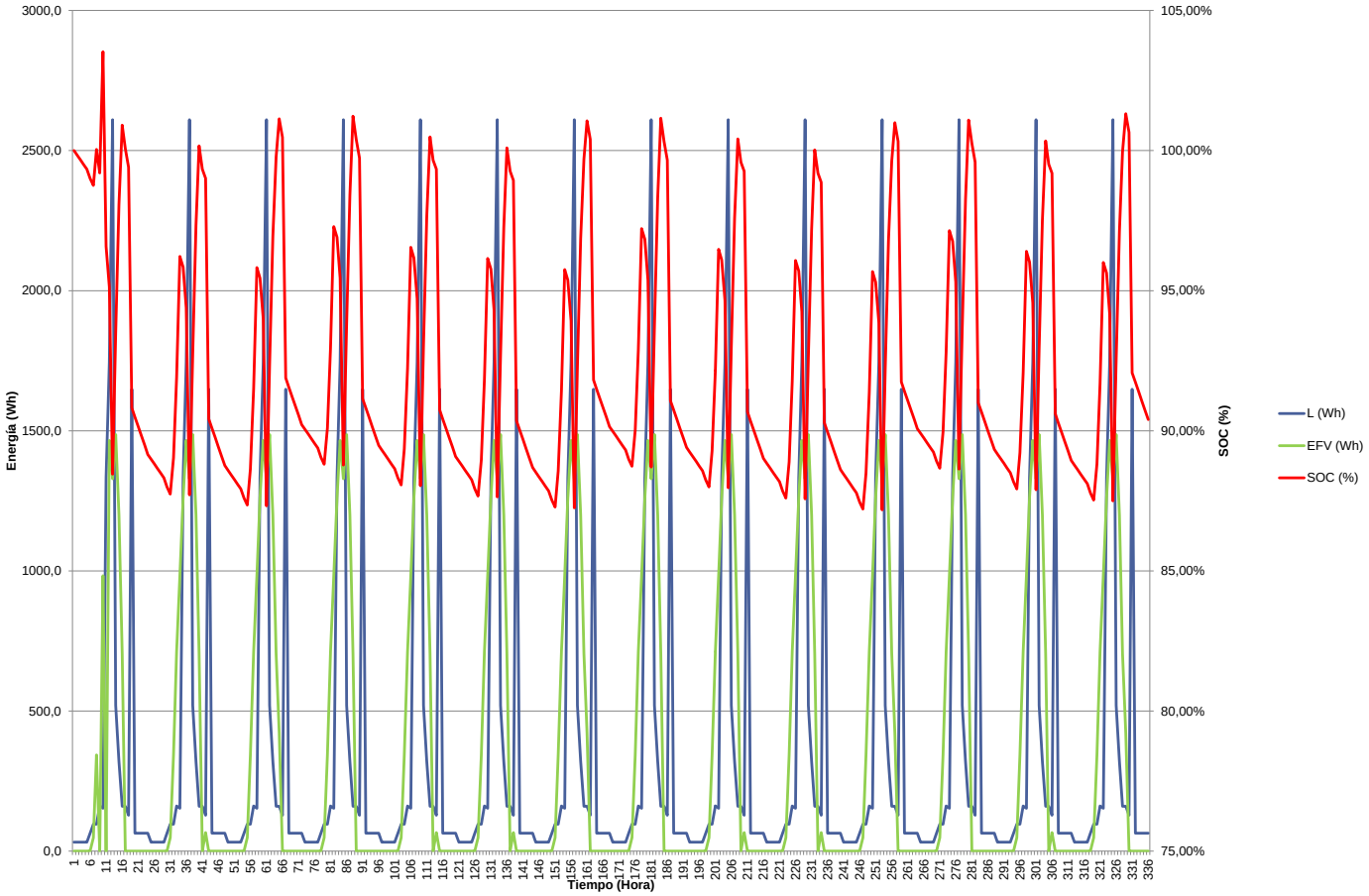


Figura 36. Simulación de la operación del SISFV de 4000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 4000 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 87% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 13%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

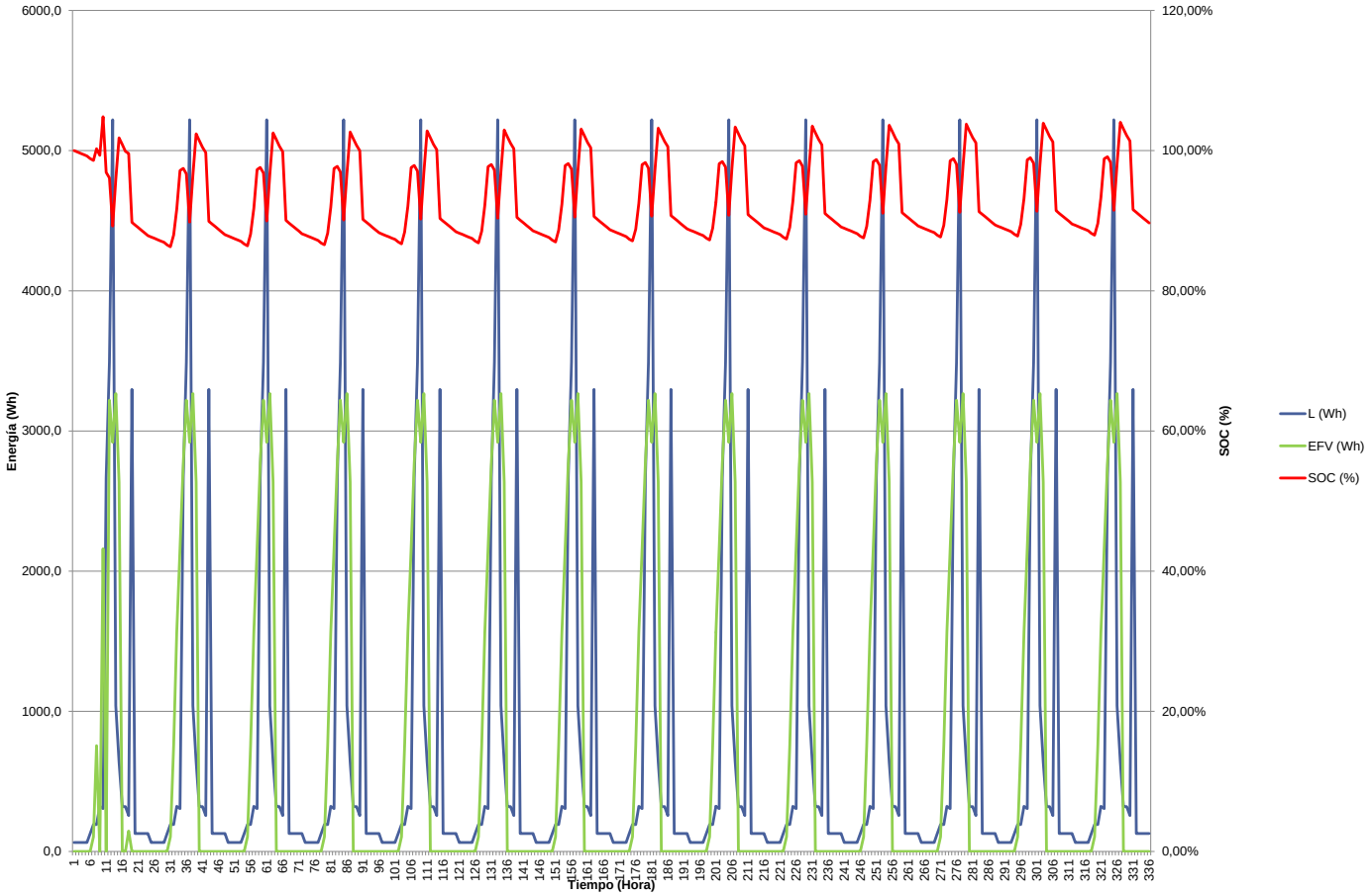


Figura 37. Simulación de la operación del SISFV de 8000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 8000 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 86% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 14%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

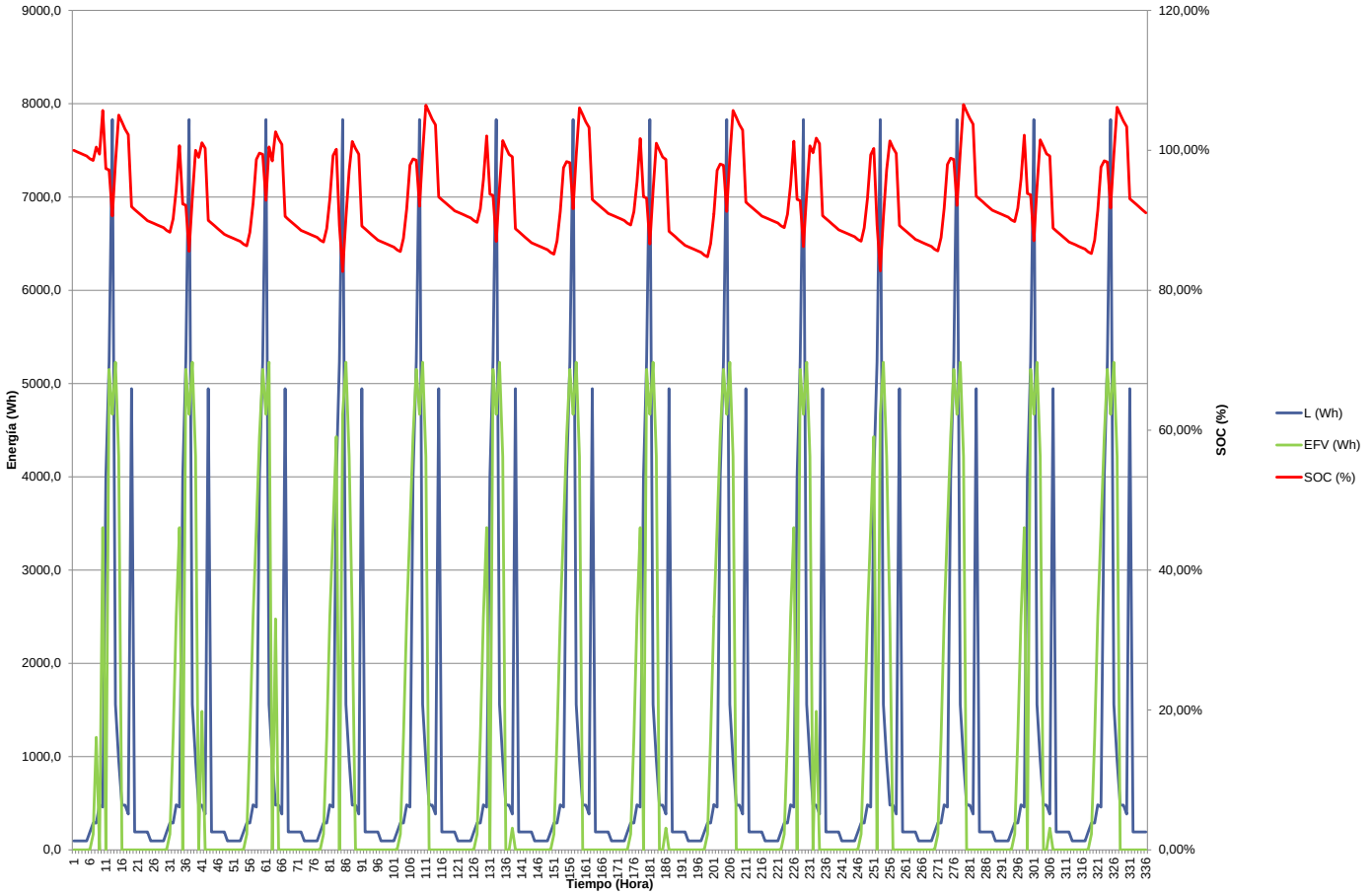


Figura 38. Simulación de la operación del SISFV de 12800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 12800 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 84% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 16%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

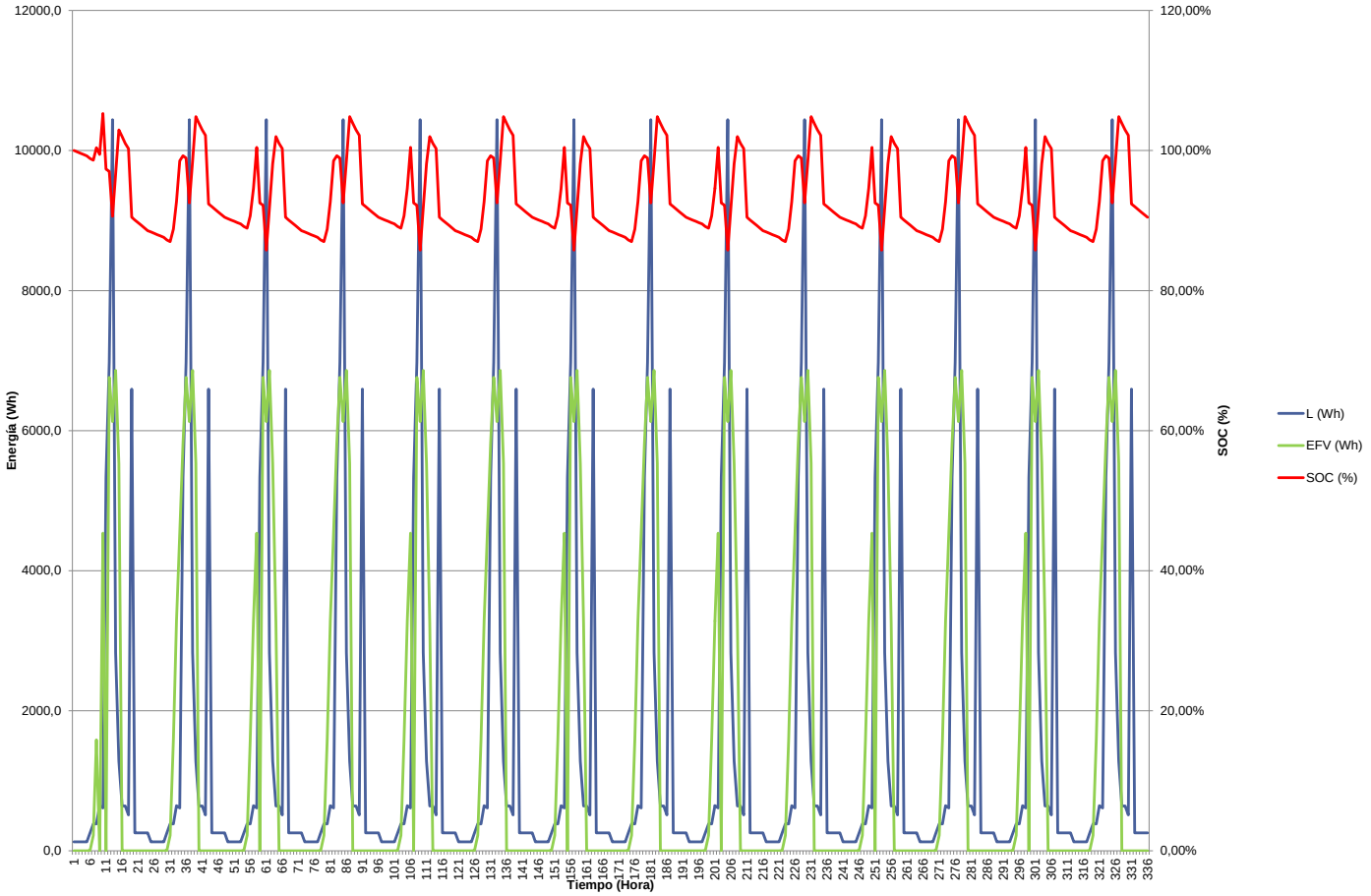


Figura 39. Simulación de la operación del SISFV de 16800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 14 días soleados en el año 10 de operación de la institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 16800 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio llega a un estado de carga mínimo del 87% cuando todos los días son soleados en la año 10 de operación, atendiendo el servicio de energía eléctrica demandado por la carga del usuario rural con el SISFV con acumulación diseñado, con una profundidad de descarga máxima de la batería del 13%, cumpliendo ampliamente con el criterio establecido en el dimensionamiento.

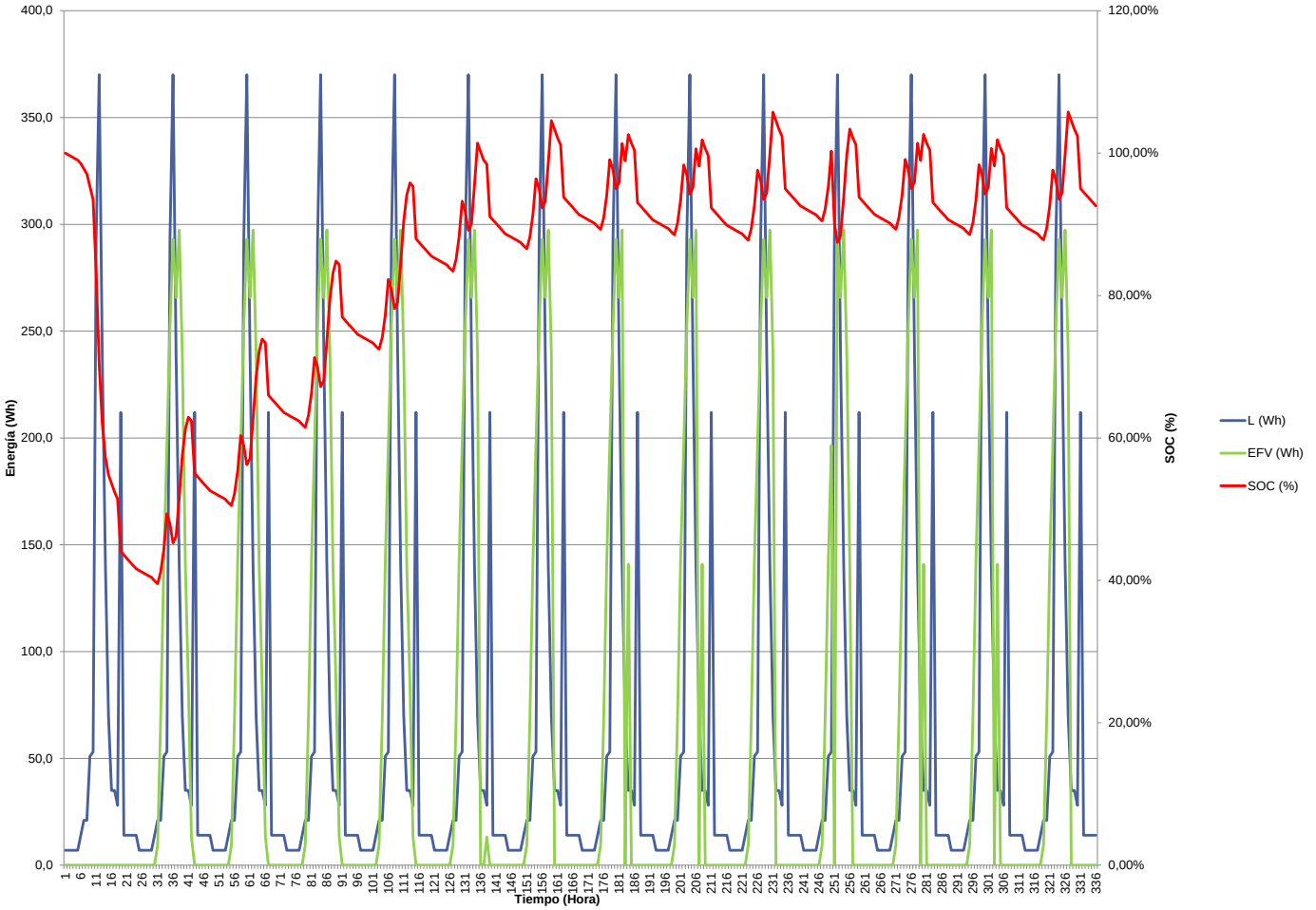


Figura 40. Simulación de la operación del SISFV de 800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo I
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 800 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga de la batería Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como la batería de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 61% (estado de carga mínima del 39%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el sexto día.

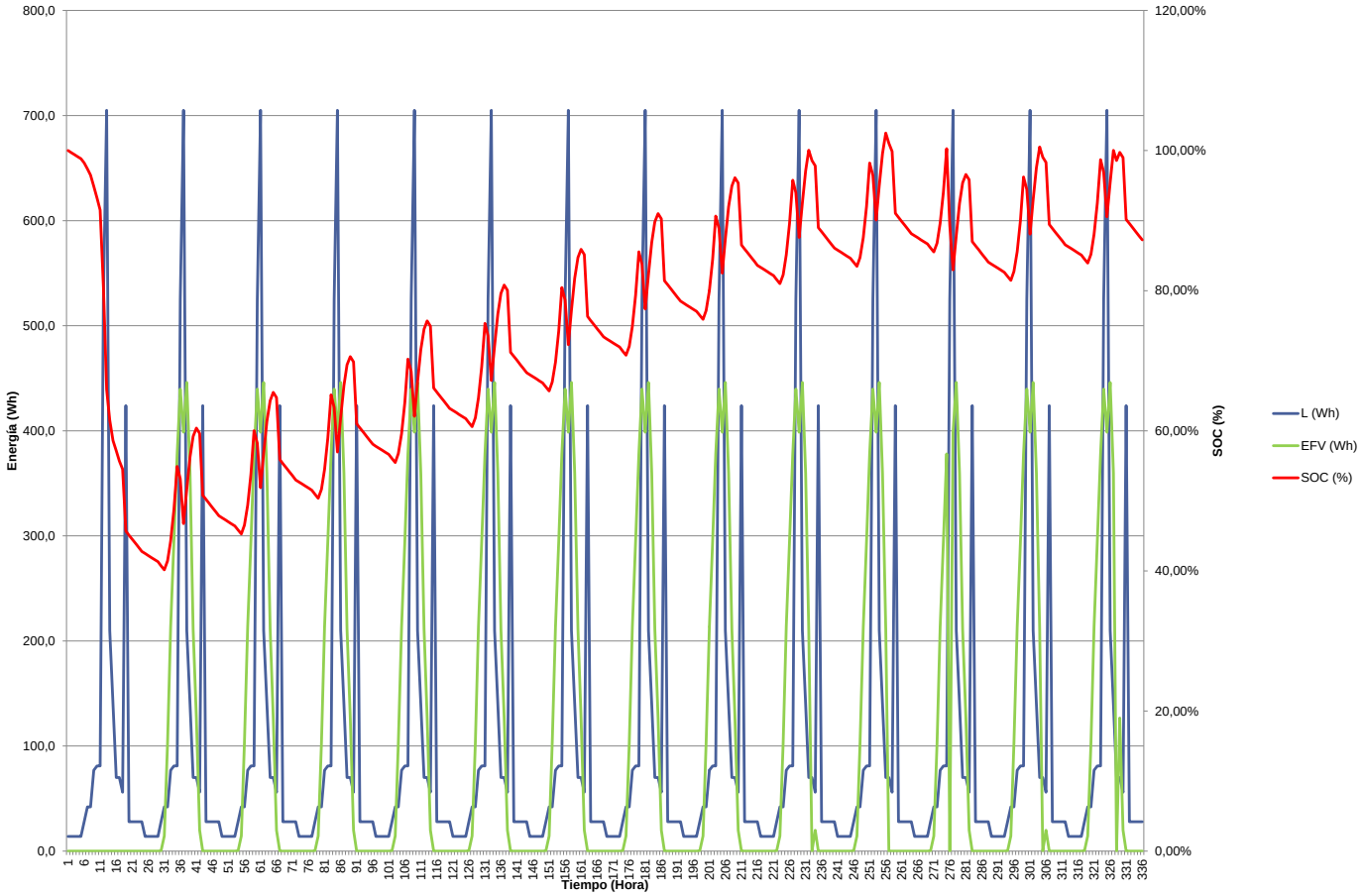


Figura 41. Simulación de la operación del SISFV de 1200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo II
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 1200 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 60% (estado de carga mínima del 40%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el décimo día.

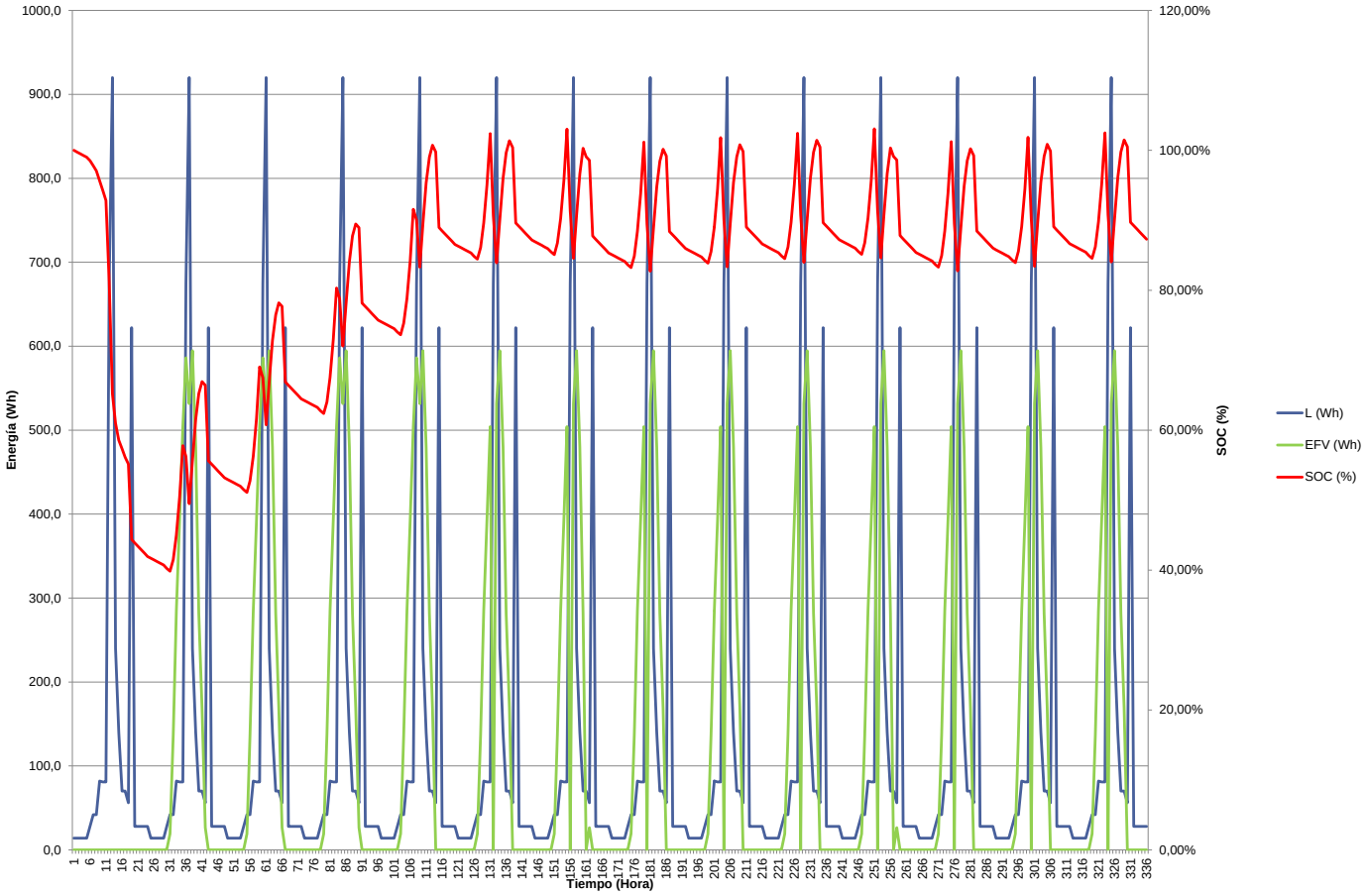


Figura 42. Simulación de la operación del SISFV de1600 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo III
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 1600 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 61% (estado de carga mínima del 39%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el quinto día.

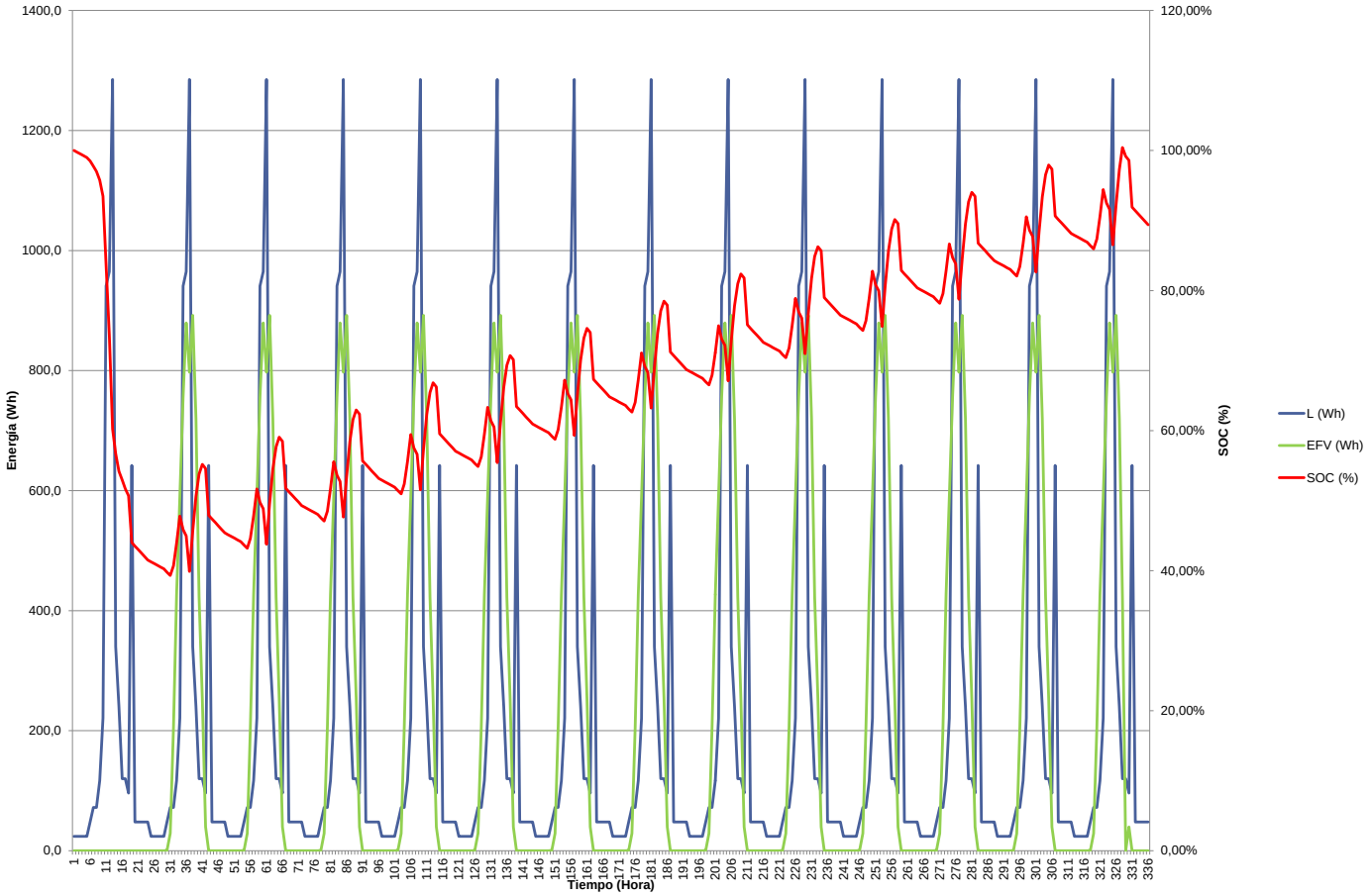


Figura 43. Simulación de la operación del SISFV de 2400 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo IV
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 2400 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 61% (estado de carga mínima del 39%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el catorceavo día.

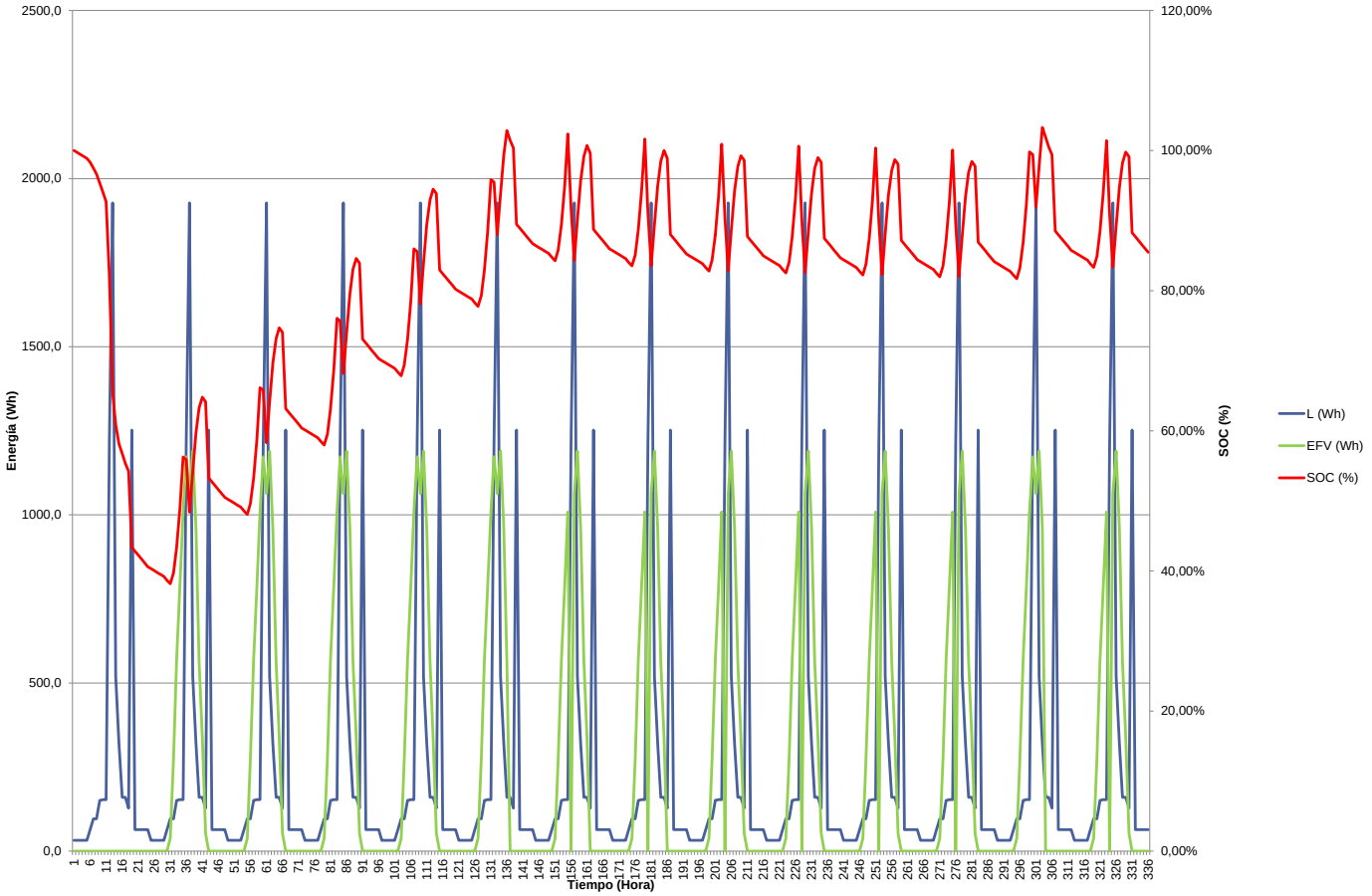


Figura 44. Simulación de la operación del SISFV de 3200 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo V
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 3200 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 61% (estado de carga mínima del 39%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el sexto día.

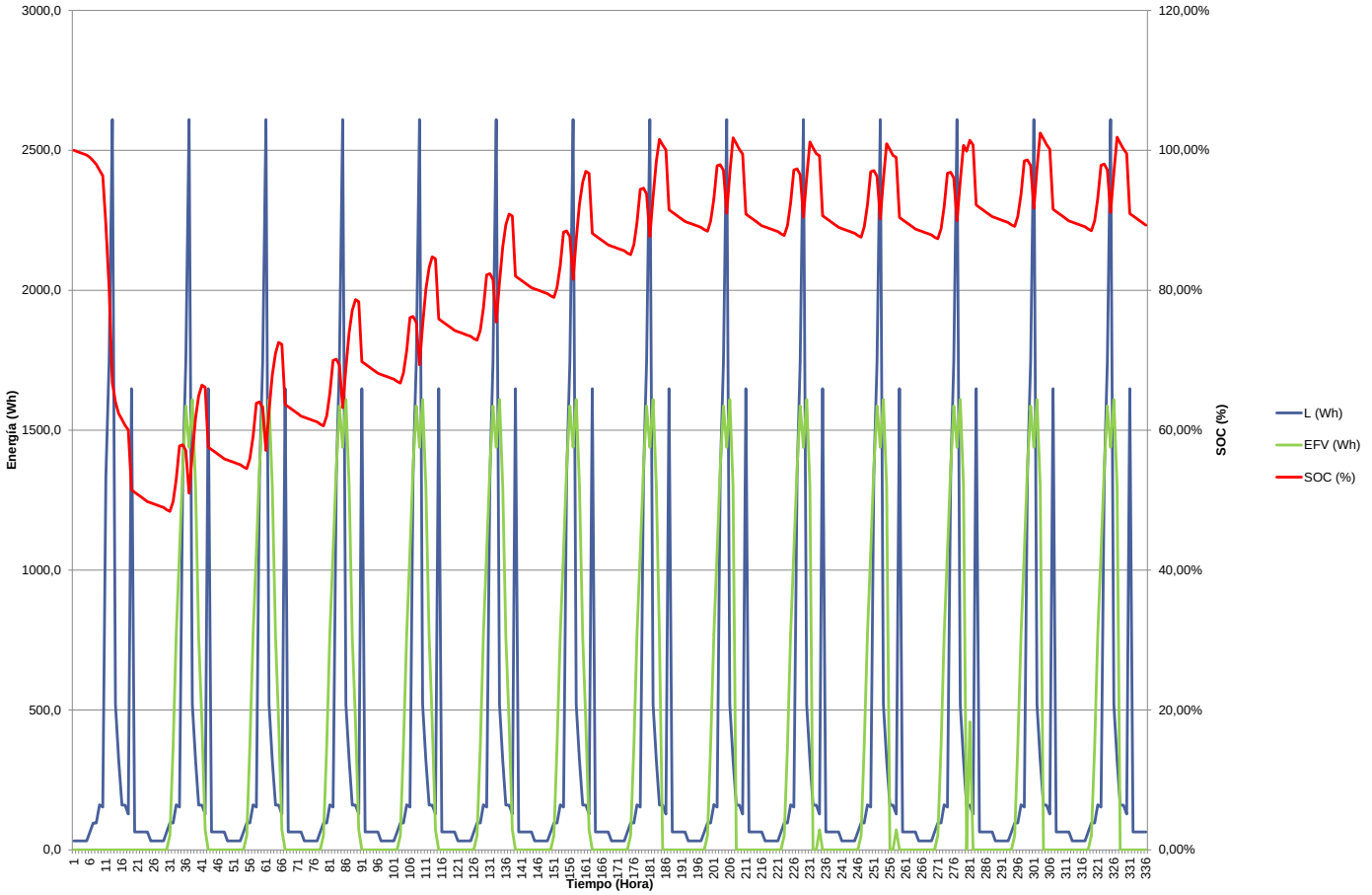


Figura 45. Simulación de la operación del SISFV de 4000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo VI
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 4000 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 52% (estado de carga mínima del 48%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el octavo día.

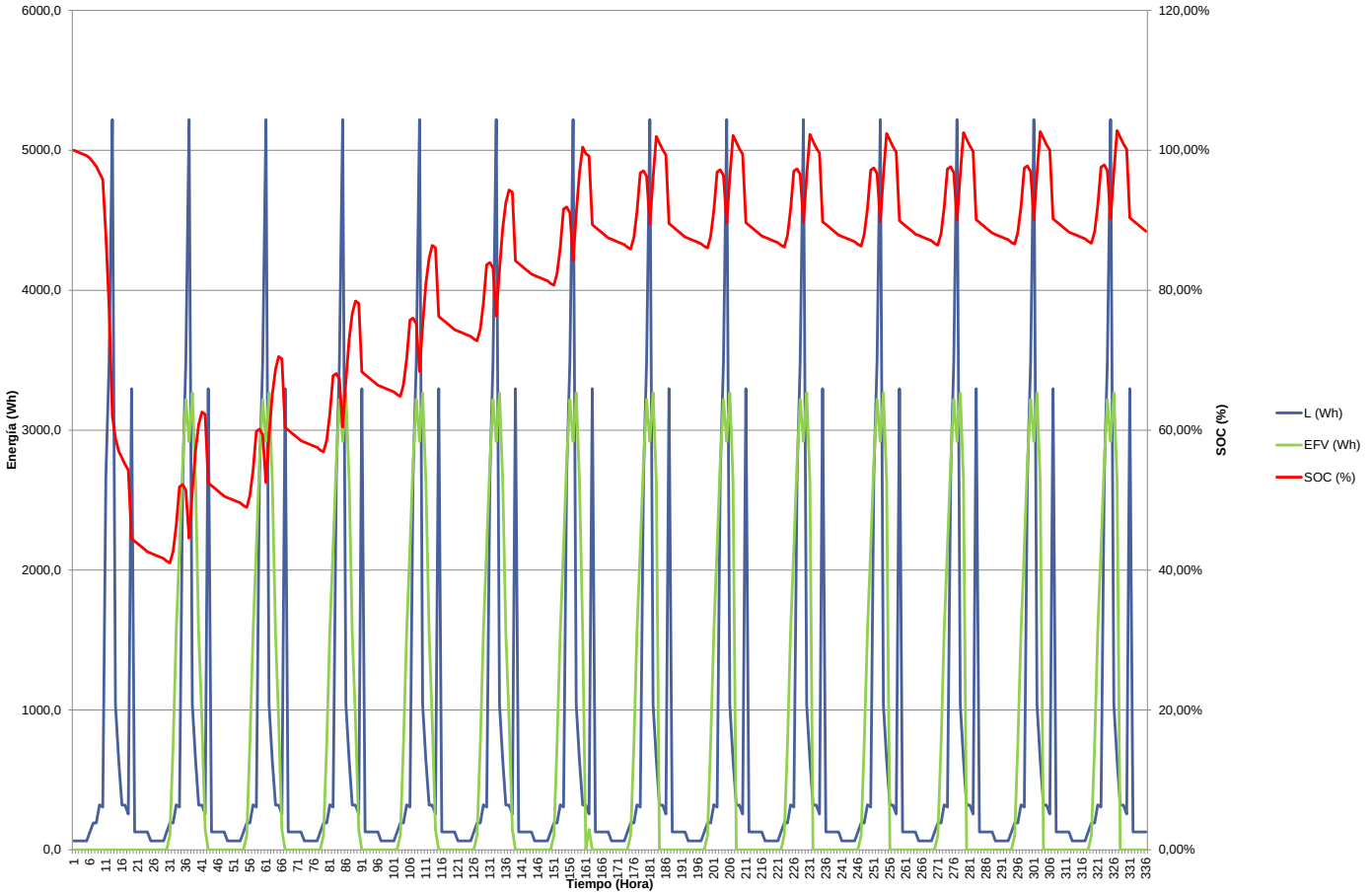


Figura 46. Simulación de la operación del SISFV de 8000 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo VIII
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 8000 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 59% (estado de carga mínima del 41%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el séptimo día.

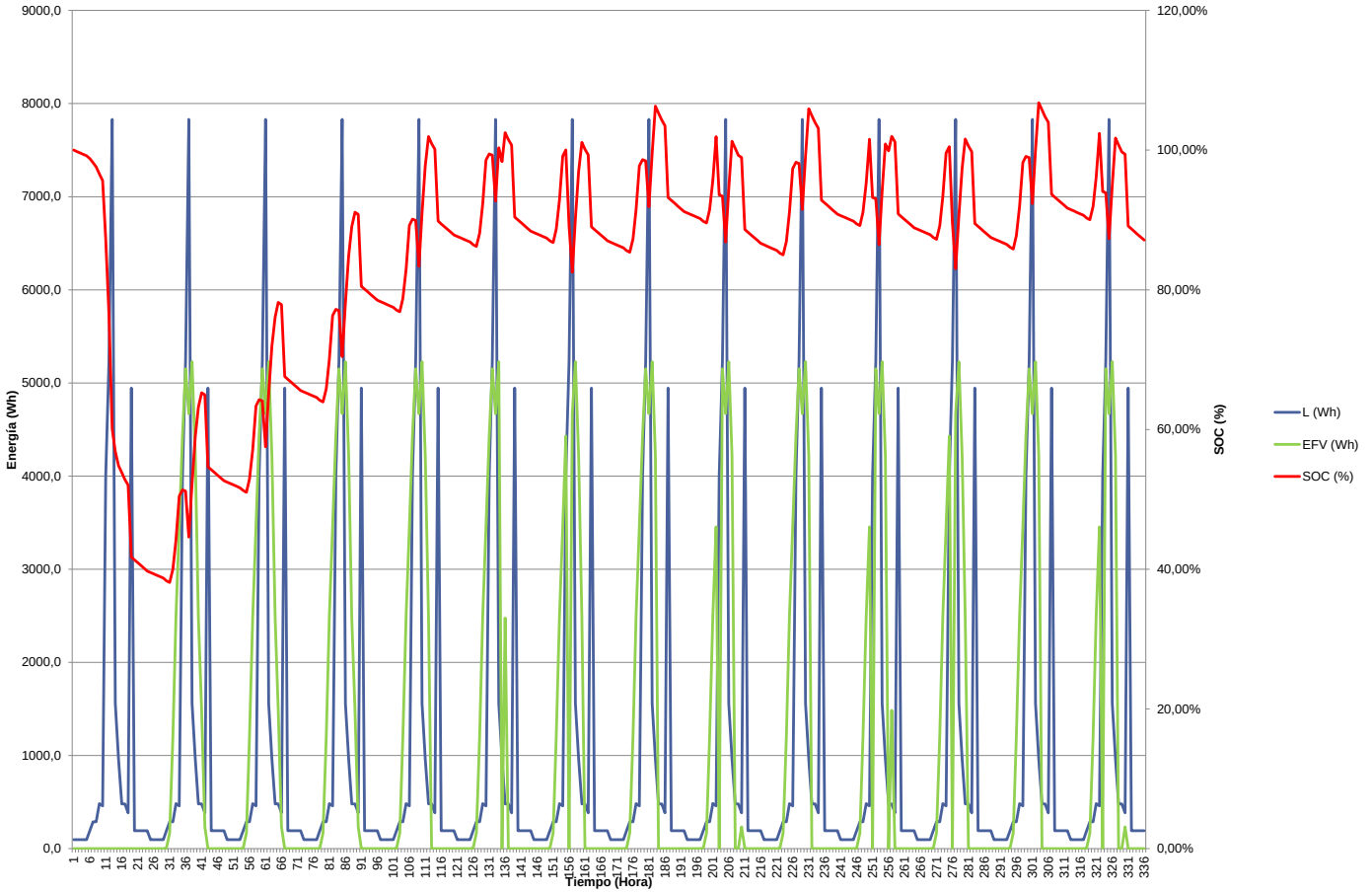


Figura 47. Simulación de la operación del SISFV de 12800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo IX
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 12800 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 62% (estado de carga mínima del 38%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el quinto día.

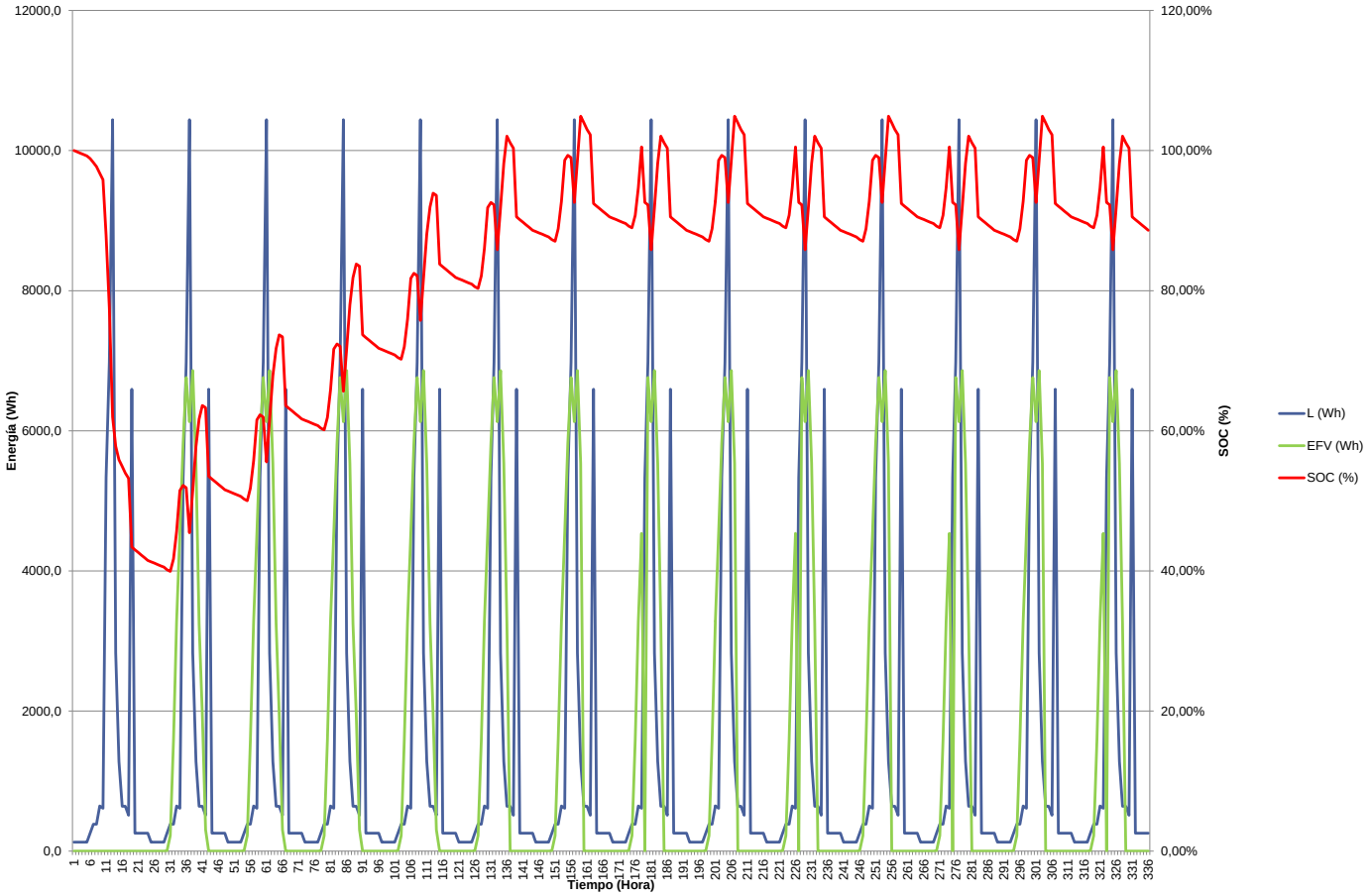


Figura 48. Simulación de la operación del SISFV de 16800 Wp dimensionado en condiciones normales de servicio con 1 día sin sol y luego 13 días soleados (autonomía de 1 día) en el año 10 de operación en la institución educativa tipo X
Fuente: Elaboración propia

Dónde: L es el consumo energético horario del usuario rural en Wh.
EFV es la energía suministrada por el SISFV de 16800 Wp en Wh.
SOC es el estado de carga del banco de baterías Ión – Litio en %.

De la anterior gráfica se observa como el banco de baterías de Ión – Litio atiende diariamente durante un día sin sol el servicio de energía eléctrica demandado por la carga, con una profundidad de descarga máxima del 60% (estado de carga mínima del 40%) en el año 10 de operación, garantizando una autonomía de un día alimentando la carga, sin que la batería sufra una profundidad de descarga superior al 70%. Además, a medida que pasan los días soleados, la batería va recuperando su estado de carga, hasta llegar al 100% en el sexto día.

En caso de que la radiación solar no sea suficiente y las baterías bajen a un estado de carga del 30%, los inversores deben desconectar la carga para proteger las baterías, permitiendo que a medida que la radiación solar aumente y las baterías recuperen su estado de carga hasta el 100%, se pueda conectar nuevamente la carga. Se debe capacitar al usuario para que haga uso racional de la energía y esté preparado para racionalizar su consumo de acuerdo al estado de carga de la batería, de tal forma que no permita que baje su estado de carga por debajo del 30%.

6.9 Producción de energía del SISFV dimensionado

En las siguientes tablas se muestran los cálculos de producción de energía eléctrica de los módulos fotovoltaicos monocristalinos de los SISFV dimensionados para los distintos tipos de instituciones educativas, al año de inicio del proyecto, a los diez años de uso del SSFVI cuando los módulos han perdido un 7,9% de capacidad debido a la degradación de las células FV, y a los veinticinco años de uso del SSFVI cuando los módulos han perdido un 16,9% de capacidad debido a la degradación de las células FV, de acuerdo a los datos garantizados por los fabricantes.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12° a una latitud de 11,5° (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	2,69	83,3	2,48	76,7	2,23	69,2
Febrero	5,00	28	2,72	76,2	2,51	70,1	2,26	63,3
Marzo	5,06	31	2,75	85,3	2,54	78,6	2,29	70,9
Abril	4,83	30	2,63	78,8	2,42	72,6	2,18	65,5
Mayo	4,77	31	2,59	80,4	2,39	74,1	2,16	66,8
Junio	4,63	30	2,52	75,6	2,32	69,6	2,09	62,8
Julio	4,90	31	2,67	82,6	2,46	76,1	2,22	68,7
Agosto	5,03	31	2,74	84,8	2,52	78,1	2,27	70,5
Septiembre	4,87	30	2,65	79,5	2,44	73,2	2,20	66,0
Octubre	4,52	31	2,46	76,2	2,26	70,2	2,04	63,3
Noviembre	4,33	30	2,36	70,7	2,17	65,1	1,96	58,7
Diciembre	4,48	31	2,44	75,6	2,24	69,6	2,03	62,8
Anual	**4,78**	**365**	**2,60**	**949,0**	**2,39**	**874,0**	**2,16**	**788,6**

Tabla 117. Producción de energía eléctrica del SISFV de 800 Wp dimensionado para la institución educativa tipo I, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 800 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo I, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 2,17 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 1,69 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12° a una latitud de 11,5° (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	4,03	125,0	3,71	115,1	3,35	103,8
Febrero	5,00	28	4,08	114,2	3,76	105,2	3,39	94,9
Marzo	5,06	31	4,13	128,0	3,80	117,9	3,43	106,4
Abril	4,83	30	3,94	118,2	3,63	108,9	3,28	98,3
Mayo	4,77	31	3,89	120,7	3,58	111,1	3,23	100,3
Junio	4,63	30	3,78	113,3	3,48	104,4	3,14	94,2
Julio	4,90	31	4,00	124,0	3,68	114,2	3,32	103,0
Agosto	5,03	31	4,10	127,2	3,78	117,2	3,41	105,7
Septiembre	4,87	30	3,97	119,2	3,66	109,8	3,30	99,1
Octubre	4,52	31	3,69	114,3	3,40	105,3	3,06	95,0
Noviembre	4,33	30	3,53	106,0	3,25	97,6	2,94	88,1
Diciembre	4,48	31	3,66	113,3	3,37	104,4	3,04	94,2
Anual	**4,78**	**365**	**3,90**	**1423,5**	**3,59**	**1311,1**	**3,24**	**1182,9**

Tabla 118. Producción de energía eléctrica del SISFV de 1200 Wp dimensionado para la institución educativa tipo II, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 1200 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo II, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 3,25 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 2,76 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12° a una latitud de 11,5° (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	5,37	166,6	4,95	153,5	4,47	138,5
Febrero	5,00	28	5,44	152,3	5,01	140,3	4,52	126,6
Marzo	5,06	31	5,51	170,7	5,07	157,2	4,57	141,8
Abril	4,83	30	5,26	157,7	4,84	145,2	4,37	131,0
Mayo	4,77	31	5,19	160,9	4,78	148,2	4,31	133,7
Junio	4,63	30	5,04	151,1	4,64	139,2	4,19	125,6
Julio	4,90	31	5,33	165,3	4,91	152,2	4,43	137,3
Agosto	5,03	31	5,47	169,7	5,04	156,2	4,55	141,0
Septiembre	4,87	30	5,30	159,0	4,88	146,4	4,40	132,1
Octubre	4,52	31	4,92	152,5	4,53	140,4	4,09	126,7
Noviembre	4,33	30	4,71	141,3	4,34	130,2	3,91	117,4
Diciembre	4,48	31	4,87	151,1	4,49	139,2	4,05	125,6
Anual	**4,78**	**365**	**5,20**	**1898,0**	**4,79**	**1748,1**	**4,32**	**1577,3**

Tabla 119. Producción de energía eléctrica del SISFV de 1600 Wp dimensionado para la institución educativa tipo III, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 1600 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo III, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 4,34 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 3,36 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12º a una latitud de 11,5º (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	8,06	249,9	7,43	230,2	6,70	207,7
Febrero	5,00	28	8,16	228,5	7,52	210,4	6,78	189,9
Marzo	5,06	31	8,26	256,0	7,61	235,8	6,86	212,7
Abril	4,83	30	7,88	236,5	7,26	217,8	6,55	196,5
Mayo	4,77	31	7,78	241,3	7,17	222,3	6,47	200,5
Junio	4,63	30	7,56	226,7	6,96	208,8	6,28	188,4
Julio	4,90	31	8,00	247,9	7,37	228,3	6,65	206,0
Agosto	5,03	31	8,21	254,5	7,56	234,4	6,82	211,5
Septiembre	4,87	30	7,95	238,4	7,32	219,6	6,60	198,1
Octubre	4,52	31	7,38	228,7	6,79	210,6	6,13	190,0
Noviembre	4,33	30	7,07	212,0	6,51	195,2	5,87	176,2
Diciembre	4,48	31	7,31	226,7	6,73	208,7	6,08	188,3
Anual	**4,78**	**365**	**7,80**	**2847,0**	**7,18**	**2622,1**	**6,48**	**2365,9**

Tabla 120. Producción de energía eléctrica del SISFV de 2400 Wp dimensionado para la institución educativa tipo IV, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 2400 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo IV, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 6,51 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 5,64 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12° a una latitud de 11,5° (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	10,75	333,2	9,90	306,9	8,93	276,9
Febrero	5,00	28	10,88	304,6	10,02	280,6	9,04	253,2
Marzo	5,06	31	11,01	341,3	10,14	314,4	9,15	283,6
Abril	4,83	30	10,51	315,3	9,68	290,4	8,73	262,0
Mayo	4,77	31	10,38	321,8	9,56	296,3	8,63	267,4
Junio	4,63	30	10,07	302,2	9,28	278,4	8,37	251,2
Julio	4,90	31	10,66	330,5	9,82	304,4	8,86	274,7
Agosto	5,03	31	10,95	339,3	10,08	312,5	9,10	282,0
Septiembre	4,87	30	10,60	317,9	9,76	292,8	8,81	264,2
Octubre	4,52	31	9,84	304,9	9,06	280,8	8,17	253,4
Noviembre	4,33	30	9,42	282,7	8,68	260,3	7,83	234,9
Diciembre	4,48	31	9,75	302,2	8,98	278,3	8,10	251,1
Anual	**4,78**	**365**	**10,40**	**3796,0**	**9,58**	**3496,1**	**8,64**	**3154,5**

Tabla 121. Producción de energía eléctrica del SISFV de 3200 Wp dimensionado para la institución educativa tipo V, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 3200 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo V, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 8,68 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 6,88 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12° a una latitud de 11,5° (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	13,44	416,5	12,38	383,6	11,17	346,1
Febrero	5,00	28	13,60	380,8	12,53	350,7	11,30	316,4
Marzo	5,06	31	13,76	426,7	12,68	393,0	11,44	354,6
Abril	4,83	30	13,14	394,1	12,10	363,0	10,92	327,5
Mayo	4,77	31	12,97	402,2	11,95	370,4	10,78	334,2
Junio	4,63	30	12,59	377,8	11,60	348,0	10,47	314,0
Julio	4,90	31	13,33	413,2	12,28	380,5	11,08	343,3
Agosto	5,03	31	13,68	424,1	12,60	390,6	11,37	352,5
Septiembre	4,87	30	13,25	397,4	12,20	366,0	11,01	330,2
Octubre	4,52	31	12,29	381,1	11,32	351,0	10,22	316,7
Noviembre	4,33	30	11,78	353,3	10,85	325,4	9,79	293,6
Diciembre	4,48	31	12,19	377,8	11,22	347,9	10,13	313,9
Anual	**4,78**	**365**	**13,00**	**4745,0**	**11,97**	**4370,2**	**10,80**	**3943,1**

Tabla 122. Producción de energía eléctrica del SISFV de 4000 Wp dimensionado para la institución educativa tipo VI, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 4000 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo VI, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 10,85 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 9,67 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12° a una latitud de 11,5° (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	27,27	845,3	25,11	778,6	22,66	702,5
Febrero	5,00	28	27,60	772,8	25,42	711,7	22,94	642,2
Marzo	5,06	31	27,93	865,9	25,72	797,5	23,21	719,5
Abril	4,83	30	26,66	799,8	24,56	736,7	22,16	664,7
Mayo	4,77	31	26,33	816,2	24,25	751,8	21,88	678,3
Junio	4,63	30	25,56	766,7	23,54	706,2	21,24	637,2
Julio	4,90	31	27,05	838,5	24,91	772,2	22,48	696,8
Agosto	5,03	31	27,77	860,7	25,57	792,7	23,07	715,3
Septiembre	4,87	30	26,88	806,5	24,76	742,8	22,34	670,2
Octubre	4,52	31	24,95	773,5	22,98	712,4	20,73	642,7
Noviembre	4,33	30	23,90	717,0	22,01	660,4	19,86	595,9
Diciembre	4,48	31	24,73	766,6	22,78	706,1	20,55	637,1
Anual	**4,78**	**365**	**26,38**	**9629,6**	**24,30**	**8868,9**	**21,92**	**8002,2**

Tabla 123. Producción de energía eléctrica del SISFV de 8000 Wp dimensionado para la institución educativa tipo VIII, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 8000 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo VIII, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 22,01 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 19,35 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12º a una latitud de 11,5º (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	43,63	1352,5	40,18	1245,7	36,26	1124,0
Febrero	5,00	28	44,16	1236,5	40,67	1138,8	36,70	1027,5
Marzo	5,06	31	44,69	1385,4	41,16	1275,9	37,14	1151,3
Abril	4,83	30	42,66	1279,8	39,29	1178,7	35,45	1063,5
Mayo	4,77	31	42,13	1306,0	38,80	1202,8	35,01	1085,3
Junio	4,63	30	40,89	1226,8	37,66	1129,9	33,98	1019,4
Julio	4,90	31	43,28	1341,6	39,86	1235,6	35,96	1114,9
Agosto	5,03	31	44,42	1377,2	40,92	1268,4	36,92	1144,4
Septiembre	4,87	30	43,01	1290,4	39,61	1188,4	35,74	1072,3
Octubre	4,52	31	39,92	1237,5	36,77	1139,8	33,17	1028,4
Noviembre	4,33	30	38,24	1147,3	35,22	1056,6	31,78	953,4
Diciembre	4,48	31	39,57	1226,6	36,44	1129,7	32,88	1019,3
Anual	**4,78**	**365**	**42,21**	**15407,4**	**38,88**	**14190,2**	**35,08**	**12803,6**

Tabla 124. Producción de energía eléctrica del SISFV de 12800 Wp dimensionado para la institución educativa tipo IX, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 12800 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo IX, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 35,22 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 29,02 KWh.

MES	Radiación Solar con Inclinación 12º a una latitud de 11,5º (KWh/m2-día)	Nº días	Producción Energía					
			Año Inicio		Año 10		Año 25	
			KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes	KWh / día	KWh / mes
Enero	4,94	31	57,26	1775,2	52,74	1635,0	47,59	1475,2
Febrero	5,00	28	57,96	1622,9	53,38	1494,7	48,16	1348,6
Marzo	5,06	31	58,66	1818,3	54,02	1674,7	48,74	1511,0
Abril	4,83	30	55,99	1679,7	51,57	1547,0	46,53	1395,8
Mayo	4,77	31	55,29	1714,1	50,93	1578,7	45,95	1424,4
Junio	4,63	30	53,67	1610,1	49,43	1482,9	44,60	1338,0
Julio	4,90	31	56,80	1760,8	52,31	1621,7	47,20	1463,2
Agosto	5,03	31	58,31	1807,5	53,70	1664,7	48,45	1502,1
Septiembre	4,87	30	56,45	1693,6	51,99	1559,8	46,91	1407,4
Octubre	4,52	31	52,40	1624,3	48,26	1496,0	43,54	1349,8
Noviembre	4,33	30	50,19	1505,8	46,23	1386,8	41,71	1251,3
Diciembre	4,48	31	51,93	1609,9	47,83	1482,7	43,16	1337,8
Anual	**4,78**	**365**	**55,40**	**20222,2**	**51,03**	**18624,7**	**46,04**	**16804,7**

Tabla 125. Producción de energía eléctrica del SISFV de 16800 Wp dimensionado para la institución educativa tipo X, en los años 0, 10 y 25 de uso
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la anterior tabla, se puede concluir que los paneles SFV de 16800 Wp dimensionados para las instituciones educativas tipo X, podrán producir durante los 10 años de sostenibilidad que debe garantizar el operador del servicio, la energía requerida por las instituciones educativas dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha del Departamento de La Guajira, ya que el sistema al año 10 de operación produce en el mes crítico de noviembre un promedio diario mensual de 46,23 KWh para satisfacer un consumo promedio diario de 39,45 KWh.

6.10 Resumen del SISFV dimensionado

En la siguiente tabla se resumen los SISFV diseñados para suministrar electricidad a los diferentes tipos de instituciones educativas rurales y dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira.

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 2 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	800 Wp
Capacidad batería Ión - Litio tipo $LiFePO_4$	120 Ah
Capacidad almacenamiento batería	2,88 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía batería	1 Día
Regulador (Controlador) MPPT	40 A / 24 V_{DC}
Inversor 24 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	1 KW
Tensión DC SFV	24 V
Tensión AC SFV	120 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	949 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	874 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	71 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	65 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	85 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	79 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo I
Nº de Estudiantes	Hasta 35

Tabla 126. Resumen del SISFV de 800 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo I rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 3 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	1200 Wp
Capacidad batería Ión - Litio tipo $LiFePO_4$	200 Ah
Capacidad almacenamiento batería	4,8 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía batería	1 Día
Regulador (Controlador) MPPT	60 A / 24 V_{DC}
Inversor 24 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	1,5 KW
Tensión DC SFV	24 V
Tensión AC SFV	120 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	1424 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	1311 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	106 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	98 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	128 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	118 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo II
Nº de Estudiantes	Entre 36 y 55

Tabla 127. Resumen del SISFV de 1200 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo II rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 4 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	1600 Wp
Capacidad 2 baterías Ión - Litio tipo $LiFePO_4$ - 120 Ah c/u	120 Ah
Capacidad almacenamiento baterías	5,76 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía baterías	1 Día
Regulador (Controlador) MPPT	80 A / 48 V_{DC}
Inversor 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	2 KW
Tensión DC SFV	48 V
Tensión AC SFV	120 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	1898 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	1748 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	141 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	130 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	171 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	157 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo III
Nº de Estudiantes	Entre 56 y 75

Tabla 128. Resumen del SISFV de 1600 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo III rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 6 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	2400 Wp
Capacidad 2 baterías Ión - Litio tipo $LiFePO_4$ - 200 Ah c/u	200 Ah
Capacidad almacenamiento baterías	9,6 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía baterías	1 Día
Regulador (Controlador) MPPT	80 A / 48 V_{DC}
Inversor 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	2,5 KW
Tensión DC SFV	48 V
Tensión AC SFV	120 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	2847 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	2622 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	212 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	195 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	256 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	236 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo IV
Nº de Estudiantes	Entre 76 y 100

Tabla 129. Resumen del SISFV de 2400 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo IV rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 8 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	3200 Wp
Capacidad 4 baterías Ión - Litio tipo $LiFePO_4$ - 120 Ah c/u	240 Ah
Capacidad almacenamiento baterías	11,52 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía baterías	1 Día
Regulador (Controlador) MPPT	80 A / 48 V_{DC}
Inversor 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	3 KW
Tensión DC SFV	48 V
Tensión AC SFV	120 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	3796 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	3496 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	283 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	260 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	341 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	314 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo V
Nº de Estudiantes	Entre 101 y 150

Tabla 130. Resumen del SISFV de 3200 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo V rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 10 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	4000 Wp
Capacidad 4 baterías lón - Litio tipo $LiFePO_4$ - 200 Ah c/u	400 Ah
Capacidad almacenamiento baterías	19,2 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía baterías	1 Día
Regulador (Controlador) MPPT	80 A / 48 V_{DC}
Inversor 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	4 KW
Tensión DC SFV	48 V
Tensión AC SFV	120 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	4745 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	4370 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	353 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	325 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	427 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	393 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo VI
Nº de Estudiantes	Entre 151 y 200

Tabla 131. Resumen del SISFV de 4000 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo VI rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 20 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	8000 Wp
Capacidad 15 baterías lón - Litio tipo $LiFePO_4$ - 700 Ah - 3,2 V c/u	700 Ah
Capacidad almacenamiento baterías	33,6 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía baterías	1 Día
Inversor bidireccional 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	2 x 4,5 KW
Inversor enlazado a red 270-480 V_{DC} / 240 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal	7,68 KW
Tensión DC SFV	48 V
Tensión AC SFV	120-240 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	9630 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	8869 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	717 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	660 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	866 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	798 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo VIII
Nº de Estudiantes	Entre 301 y 450

Tabla 132. Resumen del SISFV de 8000 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo VIII rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 32 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	12800 Wp
Capacidad 15 baterías Ión - Litio tipo $LiFePO_4$ - 1000 Ah - 3,2 V c/u	1000 Ah
Capacidad almacenamiento baterías	48 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía baterías	1 Día
Inversor bidireccional 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	2 x 5,75 KW
Inversor enlazado a red 220-480 V_{DC} / 240 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	2 x 6 KW
Tensión DC SFV	48 V
Tensión AC SFV	120-240 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	15407 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	14190 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	1147 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	1057 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	1385 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	1276 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo IX
Nº de Estudiantes	Entre 451 y 600

Tabla 133. Resumen del SISFV de 12800 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo IX rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Potencia 42 módulos fotovoltaicos 400 Wp c/u	16800 Wp
Capacidad 30 baterías Ión - Litio tipo $LiFePO_4$ - 700 Ah - 3,2 V c/u	1400 Ah
Capacidad almacenamiento baterías	67,2 KWh
Profundidad de descarga máxima	70%
Autonomía baterías	1 Día
Inversor bidireccional 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	3 x 5,75 KW
Inversor enlazado a red 220-480 V_{DC} / 208 V_{AC}, 60 Hz, onda senoidal pura	3 x 5 KW
Tensión DC SFV	48 V
Tensión AC SFV	3x120/208 V
Radiación solar diaria promedio anual	4,78 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes crítico (Noviembre)	4,33 KWh/m2
Radiación solar diaria promedio mes más alto (Marzo)	5,06 KWh/m2
Energía suministrada anual al inicio	20222 KWh / año
Energía suministrada anual en 10 años	18625 KWh / año
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) al inicio	1506 KWh / mes
Energía suministrada mes crítico (Noviembre) en 10 años	1387 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto inicio (Marzo)	1818 KWh / mes
Energía suministrada mes más alto año 10 (Marzo)	1675 KWh / mes
Institución Educativa	Tipo X
Nº de Estudiantes	Entre 601 y 750

Tabla 134. Resumen del SISFV de 16800 Wp dimensionado para suministrar electricidad a una institución educativa tipo X rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se describe la composición de los SISFV diseñados para los diferentes tipos de instituciones educativas rurales y dispersas en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira.

Item	Descipción
1	Se instalan dos (2) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalada a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la construcción del usuario. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala una (1) batería estacionaria de lón – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), sellada, libre de mantenimiento, de ciclo profundo, de 120 Ah - 25,6 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD, con BMS integrado. La batería se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. La batería almacena la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instala un (1) regulador o controlador MPPT de 24 V – 40 A con display LCD para baterías de íon - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 96%. El controlador se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El controlador regula la carga y descarga de la batería para garantizar un uso adecuado y la vida útil de la batería.
4	Se instala un (1) inversor de 1000 W de potencia, 24 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 90%. El inversor se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El inversor transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por un poste metálico galvanizado en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior del poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener los dos (2) módulos solares fotovoltaicos a instalar. El poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. El poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. El poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV con una varilla de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior del poste, entrando por dentro del poste hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a la varilla con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete dentro de la construcción del usuario.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiónes y protecciones de dimensiones 1.0x0.8x0.3m de uso interior para albergar la batería, el regulador, el inversor, el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la construcción del usuario.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por un tablero de distribución 1Φ de 4 circuitos con sus protecciones de dos breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger dos circuitos ramales, uno de iluminación y otro de tomas. El circuito ramal de iluminación se compone de seis salidas de iluminación y el circuito ramal de tomas se compone de cuatro salidas para tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de Φ 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 135. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 800 Wp dimensionado para una institución educativa tipo I rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan tres (3) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectados en paralelo. Los módulos son soportados por una estructura instalada a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la construcción del usuario. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala una (1) batería estacionaria de lón – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), sellada, libre de mantenimiento, de ciclo profundo, de 200 Ah - 25,6 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD, con BMS integrado. La batería se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. La batería almacena la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instala un (1) regulador o controlador MPPT de 24 V – 60 A con display LCD para baterías de íon - litio tipo LiFePO4, eficiencia mínima del 96%. El controlador se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El controlador regula la carga y descarga de la batería para garantizar un uso adecuado y la vida útil de la batería.
4	Se instala un (1) inversor de 1500 W de potencia, 24 VDC / 120 VAC, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 90%. El inversor se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El inversor transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por un poste metálico galvanizado en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior del poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener los tres (3) módulos solares fotovoltaicos a instalar. El poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. El poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. El poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV con una varilla de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior del poste, entrando por dentro del poste hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a la varilla con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete dentro de la construcción del usuario.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiónes y protecciones de dimensiones 1.0x0.8x0.3m de uso interior para albergar la batería, el regulador, el inversor, el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la construcción del usuario.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por un tablero de distribución 1Φ de 6 circuitos con sus protecciones de tres breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger tres circuitos ramales, uno de iluminación y dos de tomas. El circuito ramal de iluminación se compone de nueve salidas de iluminación y los circuitos ramales de tomas se componen de cuatro y dos salidas para tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de F 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 136. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 1200 Wp dimensionado para una institución educativa tipo II rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan cuatro (4) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectando dos (2) lazos en paralelo, donde cada lazo se compone de dos módulos conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalados a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la institución educativa. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala un banco de baterías compuesto por dos (2) baterías estacionarias de Ión – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 120 Ah - 25,6 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD cada una, conectadas en serie, con BMS integrado. Las baterías se albergan en el gabinete de conexiones y protecciones. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instala un (1) regulador o controlador MPPT de 48 V – 60 A con display LCD para baterías de íon - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 96%. El controlador se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El controlador regula la carga y descarga de la batería para garantizar un uso adecuado y la vida útil de la batería.
4	Se instala un (1) inversor de 2000 W de potencia, 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 90%. El inversor se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El inversor transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por dos (2) postes metálicos galvanizados en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior de cada poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener dos (2) módulos solares fotovoltaicos. Cada poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. Cada poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. Cada poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV compuesto por dos (2) varillas de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior de los postes, entrando por dentro de los postes hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a las varillas con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete instalado dentro de la institución educativa.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiones y protecciones de dimensiones 1.3x0.8x0.3m de uso interior para albergar las baterías, el regulador, el inversor, el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la institución educativa.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por un tablero de distribución 1Φ de 8 circuitos con sus protecciones de cuatro breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger cuatro circuitos ramales, dos de iluminación y dos de tomas. Los circuitos ramales de iluminación se componen de seis y ocho salidas de iluminación y los circuitos ramales de tomas se componen de tres y cuatro salidas para tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de F 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 137. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 1600 Wp dimensionado para una institución educativa tipo III rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan seis (6) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectando tres (3) lazos en paralelo, donde cada lazo se compone de dos módulos conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalados a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la institución educativa. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala un banco de baterías compuesto por dos (2) baterías estacionarias de lón – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 200 Ah - 25,6 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD cada una, conectadas en serie, con BMS integrado. Las baterías se albergan en el gabinete de conexiones y protecciones. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instala un (1) regulador o controlador MPPT de 48 V – 60 A con display LCD para baterías de íon - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 96%. El controlador se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El controlador regula la carga y descarga de la batería para garantizar un uso adecuado y la vida útil de la batería.
4	Se instala un (1) inversor de 2500 W de potencia, 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 90%. El inversor se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El inversor transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por dos (2) postes metálicos galvanizados en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior de cada poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener tres (3) módulos solares fotovoltaicos. Cada poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. Cada poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. Cada poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV compuesto por dos (2) varillas de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior de los postes, entrando por dentro de los postes hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a las varillas con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete instalado dentro de la institución educativa.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiones y protecciones de dimensiones 1.3x0.8x0.3m de uso interior para albergar las baterías, el regulador, el inversor, el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la institución educativa.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por un tablero de distribución 1Φ de 8 circuitos con sus protecciones de seis breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger seis circuitos ramales, tres de iluminación y tres de tomas. Los circuitos ramales de iluminación se componen de siete, seis y cuatro salidas de iluminación y los circuitos ramales de tomas se componen de dos con dos salidas cada uno para tomacorrientes dobles y uno con cuatro salidas para tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de Φ 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 138. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 2400 Wp dimensionado para una institución educativa tipo IV rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan ocho (8) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectando cuatro (4) lazos en paralelo, donde cada lazo se compone de dos módulos conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalados a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la institución educativa. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala un banco de baterías compuesto por cuatro (4) baterías estacionarias de lón – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 120 Ah - 25,6 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD cada una, con dos ramales conectados en paralelo, donde cada ramal se compone de dos baterías conectadas en serie, con BMS integrado. Las baterías se albergan en el gabinete de conexiones y protecciones. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instala un (1) regulador o controlador MPPT de 48 V – 80 A con display LCD para baterías de íon - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 96%. El controlador se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El controlador regula la carga y descarga de la batería para garantizar un uso adecuado y la vida útil de la batería.
4	Se instala un (1) inversor de 3000 W de potencia, 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 90%. El inversor se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El inversor transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por tres (3) postes metálicos galvanizados en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior de cada poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener tres (3) módulos solares fotovoltaicos. Cada poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. Cada poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. Cada poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV compuesto por tres (3) varillas de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior de los postes, entrando por dentro de los postes hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a las varillas con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete instalado dentro de la institución educativa.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiones y protecciones de dimensiones 1.3x0.8x0.6m de uso interior para albergar las baterías, el regulador, el inversor, el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la institución educativa.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por un tablero de distribución 1Φ de 12 circuitos con sus protecciones de ocho breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger ocho circuitos ramales, cuatro de iluminación y cuatro de tomas. Los circuitos ramales de iluminación se componen de dos con seis salidas de iluminación cada uno, uno con siete salidas de iluminación y uno con cuatro salidas de iluminación, y los circuitos ramales de tomas se componen de dos con dos salidas cada uno para tomacorrientes dobles, uno con tres salidas para tomacorrientes dobles y uno con cuatro salidas para tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de Φ 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 139. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 3200 Wp dimensionado para una institución educativa tipo V rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan diez (10) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectando cinco (5) lazos en paralelo, donde cada lazo se compone de dos módulos conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalados a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la institución educativa. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala un banco de baterías compuesto por cuatro (4) baterías estacionarias de lón – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 200 Ah - 25,6 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD cada una, con dos ramales conectados en paralelo, donde cada ramal se compone de dos baterías conectadas en serie, con BMS integrado. Las baterías se albergan en el gabinete de conexiones y protecciones. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instala un (1) regulador o controlador MPPT de 48 V – 80 A con display LCD para baterías de íon - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 96%. El controlador se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El controlador regula la carga y descarga de la batería para garantizar un uso adecuado y la vida útil de la batería.
4	Se instala un (1) inversor de 4000 W de potencia, 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 90%. El inversor se alberga en el gabinete de conexiones y protecciones. El inversor transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por cuatro (4) postes metálicos galvanizados en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior de cada poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener tres (3) módulos solares fotovoltaicos. Cada poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. Cada poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. Cada poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV compuesto por cuatro (4) varillas de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior de los postes, entrando por dentro de los postes hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a las varillas con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete instalado dentro de la institución educativa.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiones y protecciones de dimensiones 1.3x0.8x0.6m de uso interior para albergar las baterías, el regulador, el inversor, el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la institución educativa.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por un tablero de distribución 1Φ de 12 circuitos con sus protecciones de diez breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger diez circuitos ramales, cinco de iluminación y cinco de tomas. Los circuitos ramales de iluminación se componen de dos con seis salidas de iluminación cada uno, dos con cinco salidas de iluminación cada uno y uno con cuatro salidas de iluminación, y los circuitos ramales de tomas se componen de cuatro con dos salidas cada uno para tomacorrientes dobles y uno con cuatro salidas de tomacorrientes. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de Φ 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 140. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 4000 Wp dimensionado para una institución educativa tipo VI rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan veinte (20) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectando dos (2) lazos en paralelo, donde cada lazo se compone de diez (10) módulos conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalados a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la institución educativa. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala un banco de baterías compuesto por quince (15) baterías estacionarias de Ión – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 700 Ah - 3,2 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD cada una, conectadas en serie, con BMS integrado. Las baterías se albergan en un gabinete de dimensiones 1x0,7x0,7 metros, instaladas dentro de la institución educativa. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instalan dos (2) inversores bidireccionales cargadores de baterías de 4,5 KW, 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Φ, 60 Hz, onda senoidal pura con display LCD, cada uno, para baterías de ión - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 92%. Los inversores se instalan asegurados al muro dentro del cuarto de baterías. Los inversores regulan la carga y descarga de las baterías para garantizar un uso adecuado y la vida útil de las baterías; y transforman la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
4	Se instala un (1) inversor enlazado a red con controlador MPPT de 7680 W de potencia, Vmax,in = 600 VDC, rango de Vin = 270 a 480 V_{DC} / Vout = 240 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 96%. El inversor se instala asegurado al muro dentro del cuarto de baterías. El inversor enlazado a red se sincroniza con los inversores bidireccionales. El inversor enlazado a red transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por siete (7) postes metálicos galvanizados en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior de cada poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener tres (3) módulos solares fotovoltaicos. Cada poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. Cada poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. Cada poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV compuesto por cuatro (4) varillas de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior de los postes, entrando por dentro de los postes hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a las varillas con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete instalado dentro de la institución educativa.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiones y protecciones en AC de dimensiones 1.3x0.8x0.3m de uso interior para albergar el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la institución educativa.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por dos (2) tableros de distribución 1Φ de 12 circuitos cada uno con sus protecciones de ocho breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger ocho circuitos ramales cada uno, cuatro de iluminación y cuatro de tomas. Los circuitos ramales de iluminación para cada tablero se componen de tres con seis salidas de iluminación cada uno y uno con cinco salidas de iluminación, y los circuitos ramales de tomas para cada tablero se componen de dos con dos tomacorrientes dobles cada uno, uno con tres tomacorrientes dobles y uno con cuatro tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de Φ 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 141. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 8000 Wp dimensionado para una institución educativa tipo VIII rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan treinta y dos (32) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectando dos (2) lazos en paralelo por inversor, donde cada lazo se compone de ocho (8) módulos conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalados a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la institución educativa. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala un banco de baterías compuesto por quince (15) baterías estacionarias de Ión – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 1000 Ah - 3,2 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD cada una, conectadas en serie, con BMS integrado. Las baterías se albergan en un gabinete de dimensiones 1,2x1,2x0,6 metros, instaladas dentro de la institución educativa. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instalan dos (2) inversores bidireccionales cargadores de baterías de 5,75 KW, 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Φ, 60 Hz, onda senoidal pura con display LCD, cada uno, para baterías de íon - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 92%. Los inversores se instalan asegurados al muro dentro del cuarto de baterías. Los inversores regulan la carga y descarga de las baterías para garantizar un uso adecuado y la vida útil de las baterías; y transforman la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
4	Se instalan dos (2) inversores enlazados a red con controlador MPPT de 6000 W de potencia, Vmax,in = 600 VDC, rango de Vin = 220 a 480 V_{DC} / Vout = 240 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 96%. El inversor se instala asegurado al muro dentro del cuarto de baterías. El inversor enlazado a red se sincroniza con los inversores bidireccionales. El inversor enlazado a red transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por once (11) postes metálicos galvanizados en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior de cada poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener tres (3) módulos solares fotovoltaicos. Cada poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. Cada poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. Cada poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV compuesto por cuatro (4) varillas de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior de los postes, entrando por dentro de los postes hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a las varillas con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete instalado dentro de la institución educativa.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiones y protecciones en AC de dimensiones 1.3x0.8x0.3m de uso interior para albergar el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la institución educativa.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por dos (2) tableros de distribución 1Φ de 12 circuitos cada uno con sus protecciones de diez breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger diez circuitos ramales cada uno, cinco de iluminación y cinco de tomas. Los circuitos ramales de iluminación de cada tablero se componen de tres con seis salidas de iluminación cada uno y dos con cinco salidas de iluminación cada uno, y los circuitos ramales de tomas de cada tablero se componen de cuatro con dos tomacorrientes dobles cada uno y uno con cuatro tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de Φ 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 142. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 12800 Wp dimensionado para una institución educativa tipo IX rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

Item	Descipción
1	Se instalan cuarenta y dos (42) módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 400 Wp de potencia pico cada uno, conectando dos (2) lazos en paralelo por inversor, donde cada lazo se compone de siete (7) módulos conectados en serie. Los módulos son soportados por una estructura instalados a una altura de 3 metros del suelo en el exterior de la institución educativa. Los módulos solares transforman la energía solar en energía eléctrica.
2	Se instala un banco de baterías compuesto por treinta (30) baterías estacionarias de lón – Litio tipo fosfato de hierro (LiFePO4), selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 700 Ah - 3,2 VDC - 3.650 ciclos hasta el 80% DOD cada una, con dos ramales conectados en paralelo, donde cada ramal se compone de quince baterías conectadas en serie, con BMS integrado. Las baterías se albergan en un gabinete de dimensiones 1x0,7x0,7 metros, instaladas dentro de la institución educativa. Las baterías almacenan la energía eléctrica generada por los módulos solares para ser usada en horas de baja radiación solar y en la noche.
3	Se instalan tres (3) inversores bidireccionales cargadores de baterías de 5,75 KW, 48 V_{DC} / 120 V_{AC}, 1Φ, 60 Hz, onda senoidal pura con display LCD, cada uno, para baterías de íon - litio tipo $LiFePO_4$, eficiencia mínima del 92%. Los inversores se instalan asegurados al muro dentro del cuarto de baterías. Los inversores regulan la carga y descarga de las baterías para garantizar un uso adecuado y la vida útil de las baterías; y transforman la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
4	Se instalan tres (3) inversores enlazados a red con controlador MPPT de 5000 W de potencia, Vmax,in = 600 VDC, rango de Vin = 220 a 480 V_{DC} / Vout = 240 V_{AC}, 1Ø, 60 Hz, onda senoidal pura, con display LCD, eficiencia mínima del 96%. El inversor se instala asegurado al muro dentro del cuarto de baterías. El inversor enlazado a red se sincroniza con los inversores bidireccionales. El inversor enlazado a red transforma la energía de corriente directa a corriente alterna, para su uso convencional.
5	Se instala una estructura de soporte de los paneles compuesta por catorce (14) postes metálicos galvanizados en caliente por doble inmersión de Φ 4" x 4 metros de largo x 3 mm. de espesor. En la punta superior de cada poste se fija un soporte metálico galvanizado en caliente por doble inmersión para sostener tres (3) módulos solares fotovoltaicos. Cada poste se entierra a 1 metro de profundidad, sobresaliendo a una altura de 3 metros del piso, y en el fondo el poste tendra en su base una placa antihundimiento. Cada poste se cimenta cilindricamente con un diámetro de 45 cm, un solado en el fondo de 10 cm para evitar su hundimiento, y un acabado de punta de diamante de 5 cm en la parte superior del suelo para que no se empoce el agua de lluvia. El concreto de la cimentación será de una resistencia de 3000 PSI y será reforzado con una malla electrosoldada de 150 x 150 x 6 mm de diámetro. Cada poste se instala en la parte exterior de la institución educativa a una distancia entre 5 y 15 metros.
6	Se instala un sistema de puesta a tierra para el SISFV compuesto por cuatro (4) varillas de cobre de 5/8" x 2,4 metros, cable de cobre desnudo No. 4 AWG, soldadura exotérmica, suelo artificial y caja de inspección, de acuerdo a lo establecido en el RETIE. El cable de cobre desnudo No. 4 AWG hace un recorrido desde la estructura metálica en la parte superior de los postes, entrando por dentro de los postes hasta la parte inferior donde sale y luego se conecta a las varillas con soldadura exotérmica, y luego continua por dentro del suelo a una profundidad de 60 cm hasta llegar a la barra de tierra del gabinete instalado dentro de la institución educativa.
7	Se instala un gabinete metálico de conexiones y protecciones en AC de dimensiones 1.3x0.8x0.3m de uso interior para albergar el medidor prepago, las protecciones y efectuar el respectivo conexionado. El gabinete se instala dentro de la institución educativa.
8	Se realizan las instalaciones eléctricas internas del usuario, compuestas por tres (3) tableros de distribución 3Φ de 12 circuitos cada uno con sus protecciones de diez breakers termomagnéticos enchufables de 15 A, 120 V - 10 KA cada uno, para proteger diez circuitos ramales cada uno, cinco de iluminación y cinco de tomas. Los circuitos ramales de iluminación de cada tablero se componen de dos con seis salidas de iluminación cada uno, dos con cinco salidas de iluminación cada uno y uno con cuatro salidas de iluminación, y los circuitos ramales de tomas de cada tablero se componen de cuatro con dos tomacorrientes dobles cada uno y uno con cuatro tomacorrientes dobles. Los circuitos ramales se construyen en tubería metálica EMT de Φ 3/4", incluyendo grapas con tornillos para fijarlas a muros y techos, uniones, curvas, terminales, cajas metálicas, aparatos de tomas, suiches y plafones, y conductores en cable de cobre monopolar THHN 600 V - 90°C No. 12 AWG para la fase, el neutro y la tierra. Todos los elementos metálicos como cajas, tubería, tableros y accesorios deben estar equipotencializados.

Tabla 143. Descripción de los elementos que componen el SISFV de 16800 Wp dimensionado para una institución educativa tipo X rural y dispersa en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

El sistema de medición de la energía en los SISFV estructurados será prepago, o sea el usuario debe comprar la energía que requiera anticipadamente, de tal forma que el operador de los SISFV, le vende el valor de la energía requerida por el usuario. La venta de energía se realizará por medio de datáfonos conectados a un servidor central. El medidor desconectará el paso de la energía del SISFV a las instalaciones eléctricas internas, cuando se agote el valor de la energía comprada por el usuario. Por lo tanto, el usuario debe estar pendiente y planear anticipadamente la compra de su energía, para que no se quede sin energía abruptamente cuando se agote el valor de la energía comprada. De todas formas el usuario puede consultar en su medidor el saldo que le queda de energía, para que compre con anticipación la energía para recargar el medidor. Además el medidor avisará anticipadamente al usuario, de acuerdo a como se programe, mediante un aviso sonoro y lumínico, que debe recargarlo, cuando esté a punto de terminarse el cupo de energía comprado.

El operador de los SISFV debe implementar un sistema para gestionar la venta de energía prepago, mediante el montaje de una plataforma compuesta por un servidor con un software que se encargue de almacenar y procesar todo la información obtenida en el proceso de venta prepago de energía y gestionar la energía comprada por los usuarios a través de datáfonos sincronizados con el servidor con comunicación “on-line” tipo LAN Ethernet o GPRS, ubicados en puntos de venta principales, cercanos a los usuarios. En caso de que los usuarios estén muy alejados de estos puntos de venta principales, donde no hay comunicación posible, el operador puede programar recorridos periódicos y vender la energía a estos usuarios remotos, mediante datáfonos viajeros los cuales no requieren comunicación para efectuar dicha venta, mas sin embargo, al terminar de hacer el recorrido deben comunicarse con el servidor para que se sincronice con este y descargue la información de las ventas efectuadas.

En la siguiente tabla se detalla un resumen de las principales características técnicas mínimas de la medición prepago de los SISFV, de acuerdo con los requerimientos mínimos establecidos por el IPSE y el DNP y la estructuración del proyecto obtenida en este estudio.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MEDICIÓN PREPAGO SISFV	
DESCRIPCIÓN	**FACTURACIÓN DE ENERGÍA**
MEDICIÓN	PREPAGO
MEDIDOR	INSTITUCIONES EDUCATIVAS TIPO I, II, III, IV, V y VI: 1Φ - 2H - 120 V - 5 (80) A - CALIBRADO
	INSTITUCIONES EDUCATIVAS TIPO VIII y IX: 1Φ - 3H - 240 V - 5 (80) A - CALIBRADO
	INSTITUCIONES EDUCATIVAS TIPO X: 3Φ - 4H - 3x120/208 V - 5 (100) A - CALIBRADO
PROTECCIONES	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS:
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO I: 1 x 16 A - 120 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO II: 1 x 20 A - 120 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO III: 1 x 25 A - 120 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IV: 1 x 32 A - 120 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO V: 1 x 40 A - 120 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VI: 1 x 50 A - 120 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VIII: 2 x 63 A - 240 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IX: 2 x 80 A - 240 V - 10 KA
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO X: 3 x 80 A - 240 V - 10 KA
SISTEMA DE GESTIÓN CENTRAL	SERVIDOR CON SOFTWARE PARA LA GESTIÓN Y VENTA DE LOS PINES DE ENERGÍA
VENTA DE ENERGÍA CON COMUNICACIÓN AL SERVIDOR EN PUNTO DE VENTA PRINCIPAL	DATÁFONO CON SOFTWARE "ON-LINE" COMUNICACIÓN TIPO LAN ETHERNET O GPRS
VENTA DE ENERGÍA SIN COMUNICACIÓN EN LUGARES REMOTOS	DATÁFONO VIAJERO CON SOFTWARE "OFF-LINE"
SINCRONIZACIÓN DEL DATÁFONO VIAJERO CON EL SERVIDOR	CUANDO HAYA COMUNICACIÓN TIPO LAN ETHERNET O GPRS
GARANTÍA	MÍNIMO DOS AÑOS

Tabla 144. Especificaciones técnicas del sistema de medición prepago de los SISFV
Fuente: Elaboración propia

En el numeral 8 de las Tablas 135 a 143 se describe detalladamente la composición de las instalaciones eléctricas internas a construir dentro de los diferentes tipos de instituciones educativas estructuradas en este proyecto.

La norma ICONTEC 2050 y el RETIE establecen los parámetros normativos para la construcción de las instalaciones eléctricas internas.

En los planos anexos a este estudio, se detallan las instalaciones eléctricas internas para los diferentes tipos de instituciones educativas, con sus respectivos cuadros de carga y el diagrama unifilar respectivo con sus especificaciones.

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO I MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA								
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W	CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W					
TD	C1	2	4		198	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula, Restaurante y Baños
	C2			4	800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aula y Restaurante
	C3-C4							Reservas
TOTAL		**2**	**4**	**4**	**998**	**3 x No. 12 AWG**	**1 x 16 A**	**Tablero Distribución 1Φ - 4 Circuitos**

Tabla 145. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo I proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO II MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA								
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W	CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W					
TD	C1	2	7		333	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 1 y No. 2, Restaurante y Baños
	C2			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1 y No. 2
	C3			4	800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante
	C4-C5-C6							Reservas
TOTAL		**2**	**7**	**6**	**1457**	**3 x No. 12 AWG**	**1 x 16 A**	**Tablero Distribución 1Φ - 6 Circuitos**

Tabla 146. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo II proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO III MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA								
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W	CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W					
TD	C1		6		270	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 1 y No. 2
	C2	4	4		216	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 3, Restaurante y Baños
	C3			3	486	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1, No. 2 y No. 3
	C4			4	800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante
	C5 a C8							Reservas
TOTAL		**4**	**10**	**7**	**1772**	**3 x No. 10 AWG**	**1 x 20 A**	**Tablero Distribución 1Φ - 8 Circuitos**

Tabla 147. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo III proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IV MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA								
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W	CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W					
TD	C1	4	3		171	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 1 y Baños
	C2		6		270	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 2 y No. 3
	C3		4		180	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 4 y Restaurante
	C4			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1 y No. 2
	C5			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 3 y No. 4
	C6			4	800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante
	C7 y C8							Reservas
TOTAL		**4**	**13**	**8**	**2069**	**3 x No. 10 AWG**	**1 x 25 A**	**Tablero Distribución 1Φ - 8 Circuitos**

Tabla 148. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo IV proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO V MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA								
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W	CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W					
TD	C1	4	3		171	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 1 y Baños
	C2		6		270	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 2 y No. 3
	C3		4		180	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 4 y Oficina
	C4	2	4		198	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 5, Restaurante y Baños
	C5			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1 y No. 2
	C6			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 3 y No. 4
	C7			3	486	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aula No. 5 y Oficina
	C8			4	800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante
	C9 a C12							Reservas
TOTAL		**6**	**17**	**11**	**2753**	**3 x No. 8 AWG**	**1 x 32 A**	**Tablero Distribución 1Φ - 12 Circuitos**

Tabla 149. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo V proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VI MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA								
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W	CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W					
TD	C1		6		270	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 1 y No.2
	C2		6		270	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 3 y No. 4
	C3	2	3		153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 5 y Baños
	C4	2	3		153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 6 y Baños
	C5	2	2		108	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Oficina, Restaurante y Baños
	C6			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1 y No. 2
	C7			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 3 y No. 4
	C8			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 5 y No. 6
	C9			2	324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Oficina
	C10			4	800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante
	C11 y C12							Reservas
TOTAL		**6**	**20**	**12**	**3050**	**3 x No. 8 AWG**	**1 x 40 A**	**Tablero Distribución 1Φ - 12 Circuitos**

Tabla 150. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo VI proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VIII MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA									
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W		CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W		L1	L2			
TD1	C1		6		270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 1 y No.2
	C2		6		270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 3 y No. 4
	C3	2	3			153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 5 y Baños
	C4	4	2			126	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Oficina No. 1, Restaurante No. 1 y Baños
	C5			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1 y No. 2
	C6			3	486		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aula No. 5 y Oficina No. 1
	C7			2		324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 3 y No. 4
	C8			4		800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante No. 1
	C9 a C12								Reservas
SUBTOTAL		**6**	**17**	**11**	**1350**	**1403**	**4 x No. 8 AWG**	**2 x 40 A**	**Tablero Distribución No. 1 - 1Φ - 12 Circuitos**
TD2	C1		6		270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 6 y No. 7
	C2		6		270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 8 y No. 9
	C3	2	3			153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 10 y Baños
	C4	4	2			126	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	luminación Oficina No. 2, Restaurante No. 2 y Baños
	C5			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 6 y No. 7
	C6			3	486		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aula No. 10 y Oficina No. 2
	C7			2		324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 8 y No. 9
	C8			4		800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante No. 2
	C9 a C12						3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Reservas
SUBTOTAL		**6**	**17**	**11**	**1350**	**1403**	**4 x No. 8 AWG**	**2 x 40 A**	**Tablero Distribución No. 2 - 1Φ - 12 Circuitos**
TOTAL		**12**	**34**	**22**	**2700**	**2806**	**4 x No. 6 AWG**	**2 x 63 A**	

Tabla 151. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo VIII proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IX MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA									
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W		CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W		L1	L2			
TD1	C1	2	3		153		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 1 y Baños
	C2		6		270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 2 y No. 3
	C3	2	3			153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 4 y Baños
	C4		6			270	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 5 y No. 6
	C5	4	2		126		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Oficina No. 1, Restaurante No. 1 y Baños
	C6			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1 y No. 2
	C7			2		324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 3 y No. 4
	C8			4		800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante No. 1
	C9			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 5 y No. 6
	C10			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Oficina No. 1
	C11 y C12								Reservas
SUBTOTAL		**8**	**20**	**12**	**1521**	**1547**	**4 x No. 8 AWG**	**2 x 40 A**	**Tablero Distribución No. 1 - 1Φ - 12 Circuitos**
TD2	C1	2	3		153		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 7 y Baños
	C2		6		270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 8 y No. 9
	C3	2	3			153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 10 y Baños
	C4		6			270	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 11 y No. 12
	C5	4	2		126		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Oficina No. 2, Restaurante No. 2 y Baños
	C6			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 7 y No. 8
	C7			2		324	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 9 y No. 10
	C8			4		800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante No. 2
	C9			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 11 y No. 12
	C10			2	324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Oficina No. 2
	C11 y C12								Reservas
SUBTOTAL		**8**	**20**	**12**	**1521**	**1547**	**4 x No. 8 AWG**	**2 x 40 A**	**Tablero Distribución No. 2 - 1Φ - 12 Circuitos**
TOTAL		**16**	**40**	**24**	**3042**	**3094**	**4 x No. 4 AWG**	**2 x 80 A**	

Tabla 152. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo IX proyectada
Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO X MUNICIPO DE RÍOHACHA, LA GUAJIRA										
TABLERO No.	CIRCUITO No.	ILUMINACIÓN LED		TOMAS DOBLES	CARGA W			CONDUCTOR COBRE THHN-600 V	PROTECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	DESCRIPCIÓN
		9W	45 W		R	S	T			
TD1	C1	2	3		153			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 1 y Baños
	C2		6		270			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 2 y No. 3
	C3		6			270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 5 y No. 6
	C4	2	2			108		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Oficina No. 1, Restaurante No. 1 y Baños
	C5	2	3				153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 4 y Baños
	C6			4			800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante No. 1
	C7			2	324			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 1 y No. 2
	C8			2	324			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 3 y No. 4
	C9			2		324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 5 y No. 6
	C10			2		324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Oficina No. 1
	C11 y C12									Reservas
SUBTOTAL		**6**	**20**	**12**	**1071**	**1026**	**953**	**5 x No. 8 AWG**	**3 x 40 A**	**Tablero Distribución No. 1 - 3Φ - 12 Circuitos**
TD2	C1	2	3		153			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 7 y Baños
	C2		6		270			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 8 y No. 9
	C3		6			270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 11 y No. 12
	C4	2	2			108		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Oficina No. 2, Restaurante No. 2 y Baños
	C5	2	3				153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 10 y Baños
	C6			4			800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante No. 2
	C7			2	324			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 7 y No. 8
	C8			2	324			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 9 y No. 10
	C9			2		324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 11 y No. 12
	C10			2		324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Oficina No. 2
	C11 y C12									Reservas
SUBTOTAL		**6**	**20**	**12**	**1071**	**1026**	**953**	**5 x No. 8 AWG**	**3 x 40 A**	**Tablero Distribución No. 2 - 3Φ - 12 Circuitos**
TD3	C1	2	3		153			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 13 y Baños
	C2		6		270			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 14 y No. 15
	C3		6			270		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aulas No. 17 y No. 18
	C4	2	2			108		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Oficina No. 3, Restaurante No. 3 y Baños
	C5	2	3				153	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Iluminación Aula No. 16 y Baños
	C6			4			800	3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Restaurante No. 3
	C7			2	324			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 13 y No. 14
	C8			2	324			3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 15 y No. 16
	C9			2		324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Aulas No. 17 y No. 18
	C10			2		324		3 x No. 12 AWG	1 x 15 A	Tomas Oficina No. 3
	C11 y C12									Reservas
SUBTOTAL		**6**	**20**	**12**	**1071**	**1026**	**953**	**5 x No. 8 AWG**	**3 x 40 A**	**Tablero Distribución No. 3 - 3Φ - 12 Circuitos**
TOTAL		**18**	**60**	**36**	**3213**	**3078**	**2859**	**5 x No. 4 AWG**	**3 x 70-100 A**	

Tabla 153. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas internas de la institución educativa tipo X proyectada
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla un resumen de las principales características técnicas mínimas de las instalaciones eléctricas internas de los SISFV, de acuerdo con los requerimientos mínimos establecidos en la estructuración del proyecto obtenida en este estudio.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERNAS	
DESCRIPCIÓN	**INSTALACIONES INTERNAS**
TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO I: 1Φ-3H-4 CIRCUITOS
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO II: 1Φ-3H-6 CIRCUITOS
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO III: 1Φ-3H-8 CIRCUITOS
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IV: 1Φ-3H-8 CIRCUITOS
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO V: 1Φ-3H-12 CIRCUITOS
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VI: 1Φ-3H-12 CIRCUITOS
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VIII: 2 x (1Φ-4H-12 CIRCUITOS)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IX: 2 x (1Φ-4H-12 CIRCUITOS)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO X: 3 x (3Φ-5H-12 CIRCUITOS)
PROTECCIONES	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS ENCHUFABLES:
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO I: 2 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO II: 3 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO III: 4 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IV: 6 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO V: 8 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VI: 10 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VIII: 16 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IX: 20 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO X: 30 x (1 x 15 A - 120 V - 10 KA)
CABLE	COBRE MONOPOLAR AISLADO THHN No. 12 AWG
SALIDAS TOMACORRIENTES	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO I: CUATRO (4)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO II: SEIS (6)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO III: SIETE (7)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IV: OCHO (8)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO V: ONCE (11)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VI: DOCE (12)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VIII: VEINTIDÓS (22)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IX: VEINTICUATRO (24)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO X: TREINTA Y SEIS (36)
SALIDAS ILUMINACIÓN	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO I: SEIS (6)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO II: NUEVE (9)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO III: CATORCE (14)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IV: DIECISIETE (17)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO V: VEINTITRÉS (23)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VI: VEINTISÉIS (26)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO VIII: CUARENTA Y SEIS (46)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO IX: CINCUENTA Y SEIS (56)
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TIPO X: SETENTA Y OCHO (78)
TUBERÍA EXPUESTA Y ACCESORIOS	METÁLICA GALVANIZADA EMT Φ3/4"
CAJAS METÁLICA GALVANIZADAS	OCTOGONALES - RECTANGULARES 2" x 4" - CUADRADAS 4" x 4"
TOMACORRIENTES	DOBLES CON POLO A TIERRA - 120 V - 15 A
INTERRUPTORES	SENCILLOS - 120 V - 15 A
PLAFONES	DE LOSA
CONECTORES	TIPO RESORTE No. 12 AWG
EQUIPOTENCIALIZACIÓN DE LOS ACCESORIOS METÁLICOS Y SALIDAS	SI

Tabla 154. Especificaciones técnicas de las instalaciones eléctricas internas de los diferentes tipos de instituciones educativas proyectadas
Fuente: Elaboración propia

7 Análisis de riesgos de origen eléctrico y su mitigación

De acuerdo al Numeral 9.2.1 del Artículo 9 del Capítulo 2 del RETIE 2013, en la siguiente tabla se especifican las decisiones y acciones a tomar para controlar el riesgo de origen eléctrico y su mitigación de acuerdo al nivel de riesgo clasificado por los códigos de colores.

DECISIONES Y ACCIONES PARA CONTROLAR EL RIESGO			
COLOR	**NIVEL DE RIESGO**	**DECISIONES A TOMAR Y CONTROL**	**PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS**
	MUY ALTO	**Inadmisible para trabajar**. Hay que eliminiar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volverlo a valorar en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el análisis de trabajo seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	**Minimizarlo.** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere Permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	**Aceptarlo.** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	**Asumirlo.** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: - ¿Qué puede salir mal o fallar? - ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? - ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Tabla 155. Decisiones y acciones para controlar el riesgo según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

En las siguientes tablas se evalúan las matrices de riesgos de acuerdo al modelo establecido en el RETIE, por ausencia de electricidad, por contacto directo e indirecto, por arcos eléctricos, por sobrecarga, por tensión de paso y contacto, por cortocircuito, por electricidad estática, por equipo defectuoso y por rayos.

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Ausencia suministro por Evento o efecto (ej: Daño perecederos)				Ausencia de Electricidad (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			SSFV Central de Generación Falla Generador		
Potencial	X	Real			FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés MP: 05205 - 11294 FECHA : Octubre 9 del 2020										

Tabla 156. Matriz de riesgos por ausencia de electricidad según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Electrocución por Evento o efecto (ej: Quemaduras)				Contacto Directo/Indirecto (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Conductores y Tableros Fuente (ej: Tablero Ppal - Equip.)		
Potencial	X	Real			FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés MP: 05205 - 11294 FECHA : Octubre 9 del 2020										

Tabla 157. Matriz de riesgos por contacto directo e indirecto según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS

Riesgo a evaluar	Arcos Eléctricos por Evento o efecto (ej: Quemaduras)		Cortocircuito (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)		Conductores Fuente (ej: Tablero Ppal - Equip.)
Potencial	X	Real			

CONSECUENCIAS						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés MP: 05205 - 11294 FECHA : Octubre 9 del 2020

Tabla 158. Matriz de riesgos por arcos eléctricos según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS

Riesgo a evaluar	Incendio por Evento o efecto (ej: Quemaduras)		Sobrecarga (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)		Conductores Fuente (ej: Conductores - Tab
Potencial	X	Real			

CONSECUENCIAS						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés MP: 05205 - 11294 FECHA : Octubre 9 del 2020

Tabla 159. Matriz de riesgos por sobrecarga según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Electrocución Evento o efecto (ej: Quemaduras)			por	Tensión de Paso / Contacto Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Partes metálicas Fuente (ej: Tablero Ppal - Equip.)	
Potencial	X	Real			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5 MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4 MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3 BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2 BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1 MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés			MP: 05205 - 11294		FECHA : Octubre 9 del 2020				

Tabla 160. Matriz de riesgos por tensión de paso y contacto según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar	Electrocución Evento o efecto (ej: Quemaduras)			por	Cortocircuito (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Conductores de Fuente (ej: Tablero Ppal)	
Potencial	X	Real			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5 MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4 MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3 BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2 BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1 MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés			MP: 05205 - 11294		FECHA : Octubre 9 del 2020				

Tabla 161. Matriz de riesgos por cortocircuito según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar		Explosiones o chispas Evento o efecto (ej: Quemaduras)		Electricidad estática (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)		Superficies expuestas Fuente (ej: Tablero Ppal)				
Potencial		X	Real			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapa-cidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin inca-pacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendi-miento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés			MP: 05205 - 11294			FECHA : Octubre 9 del 2020				

Tabla 162. Matriz de riesgos por electricidad estática según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar		Fallos Generales por Evento o efecto (ej: Quemaduras)		Equipos Defectuosos (al) o (en) Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)		Equipos Energizados Fuente (ej: Tab Ppal - Equipos)				
Potencial		X	Real			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapa-cidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin inca-pacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendi-miento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés			MP: 05205 - 11294			FECHA : Octubre 9 del 2020				

Tabla 163. Matriz de riesgos por equipos defectuosos según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE RIESGOS										
Riesgo a evaluar		Incendio o explosión por Evento o efecto (ej: Quemaduras)				Rayos Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)			Equipos Energizados Fuente (ej: Est. panel)	
Potencial		X	Real			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial perma-nente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapa-cidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin inca-pacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendi-miento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR: John Jairo Correa Garcés MP: 05205 - 11294 FECHA : Octubre 9 del 2020										

Tabla 164. Matriz de riesgos por rayos según modelo del RETIE
Fuente: RETIE

En la siguiente tabla se hace un resumen de la evaluación de cada uno de los riesgos analizados en las Tablas 156 a 164, sus posibles causas y las acciones de mitigación.

No.	Tipo de Riesgo	Nivel de Riesgo	Causas	Acciones de Mitigación
1	**Por ausencia de electricidad**	2D: Bajo	Fallas de los elementos que componen el SFFVI	Mantenimiento preventivo y correctivo. Operación solo con personal calificado. Uso de EPP.
2	**Por contacto directo e indirecto**	3E: Bajo	Fallas de aislamiento de conductores y maniobras de tableros y equipos del SSFVI	Operación solo con personal calificado. Uso de EPP. Verificación de ausencia de tensión. Instalación de sistema de puesta a tierra, al cual se aterrizan todos los equipos y se equipotencian.
3	**Por arcos eléctricos**	3E: Bajo	Fallas de aislamiento, cortocircuitos y maniobras de energización y desenergización	Instalación de protecciones termomagnéticas automáticas. Operación solo con personal calificado. Uso de EPP.
4	**Por sobrecarga**	2D: Bajo	Uso de aparatos eléctricos que superan la capacidad de corriente de los conductores diseñados.	Instalación de protecciones termomagnéticas automáticas. Conectar los equipos establecidos en la caracterización de la carga de diseño. No usar multitomas.
5	**Por tensión de paso y contacto**	4D: Medio	Fallas de aislamiento. Fallas a tierra. Sobretensiones. Descargas atmosféricas	Operación solo con personal calificado. Uso de EPP. Instalación de sistema de puesta a tierra, al cual se aterrizan todos los equipos y se equipotencian. Mantenimiento periódico al sistema de puesta a tierra. Instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones.
6	**Por cortocircuito**	3D: Medio	Fallas de aislamiento. Descargas atmosféricas. Conexiones y terminales sueltas.	Instalación de protecciones termomagnéticas automáticas. Apretar los puntos de conexión y terminales.
7	**Por electricidad estática**	2E: Bajo	Acumulación de cargas eléctricas en los equipos.	Instalación de sistema de puesta a tierra, al cual se aterrizan todos los equipos y se equipotencian.
8	**Por equipo defectuoso**	2E: Bajo	Fallas en los equipos del SSFVI	Reposición del equipo al cumplir su vida útil. Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos. Uso de equipos con certificacion de conformidad técnica del producto.
9	**Por rayos**	3D: Medio	Descargas atmosféricas.	Instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones y transitorios. Instalación de sistema de puesta a tierra.

Tabla 165. Resumen de la evaluación de cada uno de los riesgos contemplados, sus posibles causas y las acciones de mitigación, según modelo del RETIE
Fuente: Elaboración propia

8 Distancias de seguridad

Los SISFV a instalar para cada tipo de institución educativa rural y dispersa en las ZNI del Municipio de Ríohacha, La Guajira, cumplen con las distancias de seguridad requeridas para equipos eléctricos y conductores energizados, de acuerdo al RETIE.

Las estructuras que soportan los paneles SFV, cumplen con la distancia de seguridad con respecto a la edificación del tipo de institución educativa rural, pues esta se instala en un rango entre 5 y 15 metros de la fachada de la edificación, superando la distancia mínima de seguridad de 1,7 metros para tensiones menores a 1 KV establecida por el RETIE en la Tabla 13.1.

En cuanto al resto de equipos que componen el SISFV, tales como los bancos de baterías, controlador, inversores y protecciones, estos se albergan dentro de gabinetes metálicos con sus respectivas distancias de seguridad internas adecuadas, y aislándolos de un posible contacto directo con el exterior.

En cuanto a los conductores, estos son aislados y canalizados en tuberías, evitando el contacto directo con el exterior, y por lo tanto, no les aplica algún criterio de distancias de seguridad establecido en el RETIE.

9 Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra del SISFV se dimensionará de acuerdo a la resistividad del terreno en donde están ubicados los usuarios beneficiarios, medida con un telurómetro debidamente calibrado.

9.1 Medición de resistividad

La medición de la resistividad del terreno se hizo con el telurómetro marca METREL MI-3123, consistente básicamente en enterrar 4 electrodos dentro del suelo a lo largo de una línea recta, a igual distancia de separación “a”, a una profundidad “b” del 5% de dicha distancia de separación, tal como se muestra en la siguiente figura.

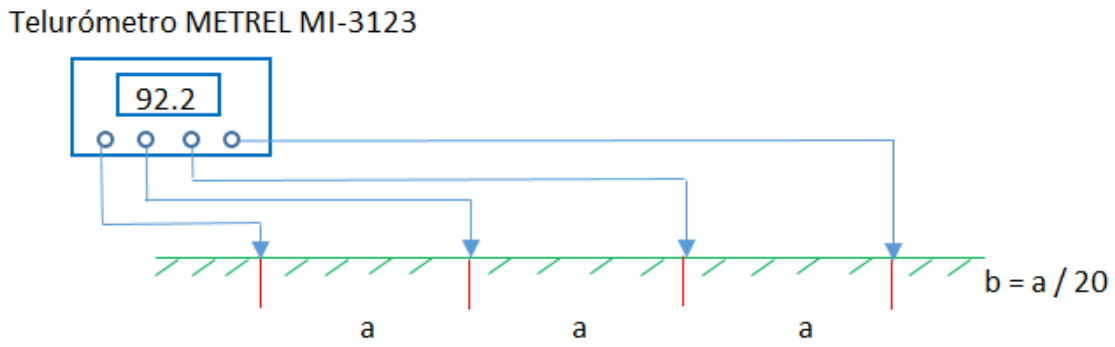


Figura 49. Diagrama de conexión del telurómetro METREL MI-3123 para efectuar la medida de resistividad del terreno en el municipios de Ríohacha, La Guajira, utilizando el método de los cuatro puntos de WENNER
Fuente: Erasmus

A continuación se evidencian las fotografías de las mediciones realizadas en las instituciones educativas del Municipio de Ríohacha, La Guajira, objeto de este estudio, y su respectivo cálculo de la resistividad del terreno a unas distancias de separación “a” de los electrodos de 1, 2, 3 y 4 metros, tanto en dirección longitudinal como transversal, para así obtener un valor promedio de resistividad.

Figura 50. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo II de la comunidad indígena Jirrawaikat del municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Figura 51. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo IV de la comunidad indígena Urrainchi del municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Figura 52. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo V de la comunidad indígena Woyotmana del municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

Figura 53. Medición resistividad terreno en la institución educativa tipo VI de la comunidad indígena Pulitchamana del municipio de Ríohacha
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se muestran los cálculos del promedio de resistividad del terreno para las instituciones educativas del municipio de Ríohacha, La Guajira, que arrojaron las resistividades más altas.

COMUNIDAD INDÍGENA JIRRAWAIKAT - MUNICIPIO DE RÍOHACHA			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS d (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS d/20 (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL Ω-m	TRANSVERSAL Ω-m
1	0,05	67,8	75,6
2	0,10	70,1	78,7
3	0,15	72,5	80,4
4	0,20	74,6	83,1
PROMEDIO RESISTIVIDAD (Ω-m)		**71,3**	**79,5**
PROMEDIO RESISTIVIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (Ω-m)			**75,4**

Tabla 166. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo II de la comunidad indígena Jirrawaikat del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

COMUNIDAD INDÍGENA URRAINCHI - MUNICIPIO DE RÍOHACHA			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS d (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS d/20 (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL Ω-m	TRANSVERSAL Ω-m
1	0,05	88,9	89,5
2	0,10	86,5	87,2
3	0,15	83,2	84,3
4	0,20	80,4	81,4
PROMEDIO RESISTIVIDAD (Ω-m)		**84,8**	**85,6**
PROMEDIO RESISTIVIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (Ω-m)			**85,2**

Tabla 167. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo IV de la comunidad indígena Urrainchi del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

COMUNIDAD INDÍGENA WOYOTMANA - MUNICIPIO DE RÍOHACHA			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS d (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS d/20 (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL Ω-m	TRANSVERSAL Ω-m
1	0,05	202	222
2	0,10	206	218
3	0,15	210	214
4	0,20	215	211
PROMEDIO RESISTIVIDAD (Ω-m)		**208,3**	**216,3**
PROMEDIO RESISTIVIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (Ω-m)			**212,3**

Tabla 168. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo V de la comunidad indígena Woyotmana del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

COMUNIDAD INDÍGENA PULITCHAMANA - MUNICIPIO DE RÍOHACHA			
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS d (m)	PROFUNDIDAD ELECTRODOS d/20 (m)	RESISTIVIDAD MEDIDA	
		LONGITUDINAL Ω-m	TRANSVERSAL Ω-m
1	0,05	200	215
2	0,10	203	211
3	0,15	207	208
4	0,20	212	204
PROMEDIO RESISTIVIDAD (Ω-m)		205,5	209,5
PROMEDIO RESISTIVIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (Ω-m)			207,5

Tabla 169. Cálculo de la resistividad del terreno en la institución educativa tipo VI de la comunidad indígena Pulitchamana del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resumen obtenido del cálculo del promedio de resistividad más alta del terreno para los distintos tipos de instituciones educativas del municipio de Ríohacha, La Guajira, calculados en las anteriores tablas.

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	COMUNIDAD INDÍGENA	RESISTIVIDAD PROMEDIO Ω-m
1	La Guajira	Ríohacha	Tipo II	Jirrawaikat	75,4
2			Tipo IV	Urrainchi	85,2
3			Tipo V	Woyotmana	212,3
4			Tipo VI	Pulitchamana	207,5

Tabla 170. Resumen de las mediciones de resistividad en los distintos tipos de instituciones educativas del Municipio de Ríohacha, La Guajira
Fuente: Elaboración propia

9.2 Cálculo de la puesta a tierra

Para el cálculo del sistema de puesta a tierra se usa la siguiente fórmula, donde la resistencia de contacto de una varilla está dada por la fórmula de Dwight (H. B. Dwight. "Calculation of Resistances to Ground." AIEE Transactions vol 55. Dic 1936. págs. 1319-1328).

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * L}\left(ln\left(4 * \frac{L}{r}\right) - 1\right)$$

Donde:

R: Resistencia en Ω
ρ: Resistividad del terreno en Ω-m
L: Largo de la varilla en m
r: Radio de la varilla en m

De acuerdo a la norma IEEE Std. 142 – 2007 "Grounding of Industrial and Commercial Power Systems" (Pgs. 165-168) se establece una fórmula para calcular la resistencia de un sistema de puesta a tierra compuesto por varias varillas en paralelo separadas a la misma distancia de la longitud de cada varilla, considerando el factor F de acuerdo a la siguiente tabla.

Table 4-6—Multiplying factors for multiple rods

Number of rods	F
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

Tabla 171. Factor de multiplicación F para múltiples varillas conectadas en paralelo y separadas a una distancia igual a la longitud de cada varilla
Fuente: Norma IEEE Std. 142-2007

$$R_T = \frac{R}{n} * F$$

Donde:

R_T: Resistencia de un sistema de puesta a tierra con varias varillas conectadas en paralelo a una distancia igual a la longitud de cada varilla en Ω
R: Resistencia de un sistema de puesta a tierra con una sola varilla en Ω
n: Número de varillas conectadas en paralelo a una distancia igual a la longitud de cada varilla
F: Factor de multiplicación para múltiples varillas conectadas en paralelo, obtenido de la Tabla 122

De acuerdo al resumen de las mediciones de resistividad efectuado a los distintos tipos de instituciones educativas de las comunidades indígenas en las ZNI del municipio de Ríohacha, La Guajira, detallado en la Tabla 170, se utilizan dichos valores que fueron los más altos para cada tipo de institución educativa, ya que al diseñar el sistema de puesta a tierra para cada tipo de institución educativa en su valor más alto, cumplirá ampliamente para los demás sistemas del resto de las instituciones educativas con menos resistividad en sus terrenos.

En las siguientes tablas se detallan los cálculos efectuados para obtener la resistencia de puesta a tierra de los sistemas de puesta a tierra diseñados con una o con múltiples varillas de cobre de 5/8" x 2,4 m conectadas en paralelo, en cada uno de los tipos de instituciones educativas, y con bajantes en cable de cobre desnudo No. 4 AWG.

Parámetros Sistema Puesta a Tierra	Institución Educativa Tipo I y II Municipio Ríohacha, La Guajira	
	Terreno natural	Suelo Artificial
Resistividad del terreno: ρ (Ω-m)	75,4	7,5
Longitud de la varilla: L (m)	2,4	2,4
Radio de la varilla: r (m)	0,0079375	0,0079375
Resistencia una varilla: R (Ω)	30,5	3,0

Tabla 172. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo I y tipo II
Fuente: Elaboración propia

Parámetros Sistema Puesta a Tierra	Institución Educativa Tipo III y IV Municipio Ríohacha, La Guajira	
	Terreno natural	Suelo Artificial
Resistividad del terreno: ρ (Ω-m)	85,2	8,5
Longitud de la varilla: L (m)	2,4	2,4
Radio de la varilla: r (m)	0,0079375	0,0079375
Resistencia una varilla: R (Ω)	34,5	3,4
No. varillas en paralelo	2	2
Factor varillas en paralelo: F	1,16	1,16
Resistencia dos varillas en paralelo: R_T (Ω)	20,0	2,0

Tabla 173. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo III y tipo IV
Fuente: Elaboración propia

Parámetros Sistema Puesta a Tierra	Institución Educativa Tipo V Municipio Ríohacha, La Guajira	
	Terreno natural	Suelo Artificial
Resistividad del terreno: ρ (Ω-m)	212,3	21,2
Longitud de la varilla: L (m)	2,4	2,4
Radio de la varilla: r (m)	0,0079375	0,0079375
Resistencia una varilla: R (Ω)	85,9	8,6
No. varillas en paralelo	3	3
Factor varillas en paralelo: F	1,29	1,29
Resistencia tres varillas en paralelo: R_T (Ω)	36,9	3,7

Tabla 174. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo V
Fuente: Elaboración propia

Parámetros Sistema Puesta a Tierra	Institución Educativa Tipo VI a X Municipio Ríohacha, La Guajira	
	Terreno natural	Suelo Artificial
Resistividad del terreno: ρ (Ω-m)	207,5	20,8
Longitud de la varilla: L (m)	2,4	2,4
Radio de la varilla: r (m)	0,0079375	0,0079375
Resistencia una varilla: R (Ω)	83,9	8,4
No. varillas en paralelo	4	4
Factor varillas en paralelo: F	1,36	1,36
Resistencia cuatro varillas en paralelo: R_T (Ω)	28,5	2,9

Tabla 175. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra para los SISFV diseñados para las instituciones educativas tipo VI, tipo VIII, tipo IX y tipo X
Fuente: Elaboración propia

El RETIE sugiere que la resistencia máxima a tierra para las redes eléctricas para equipos electrónicos o sensibles, como son los que componen el SISFV, debe ser de máximo 10 Ω.

De los resultados obtenidos en las anteriores tablas se observa que al no cumplir con la resistencia máxima recomendada por el RETIE para el sistema de puesta a tierra con terreno natural, se requiere aplicar un suelo artificial para mejoramiento de la resistividad del terreno. Con la aplicación de este suelo artificial se logra disminuir la resistividad del terreno a un 10% aproximadamente de la resistividad del terreno natural, ya que el suelo artificial comercial tiene una resistividad de 0,5 Ω-m. De las Tablas 172 a 175 se observa que al aplicar suelo artificial, las resistencias de los sistemas de puesta a tierra diseñados cumplen con lo recomendado en el RETIE, al arrojar resistencias para las instituciones educativas tipo I y tipo II de 3 Ω , para las instituciones educativas tipo III y tipo IV de 2 Ω, para las instituciones educativas tipo V de 3,7 Ω , y para las instituciones educativas tipo VI a tipo X de 2,9 Ω.

En las siguientes figuras se detallan los sistemas de puesta a tierra diseñados para los SISFV de los distintos tipos de instituciones educativas, dando cumplimiento al RETIE.

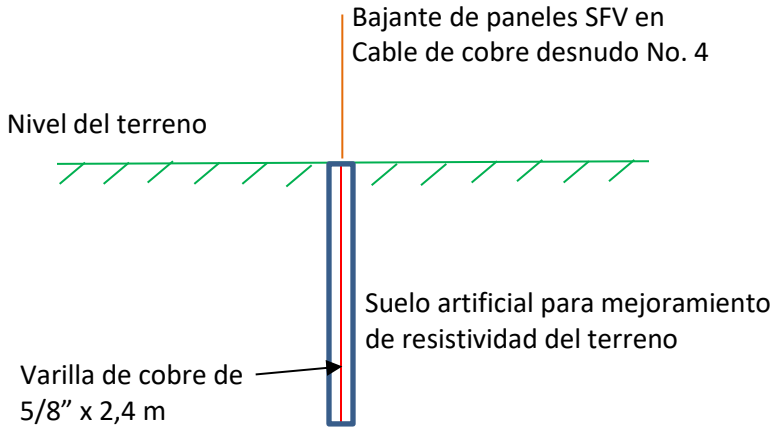


Figura 54. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo I y II de acuerdo al RETIE
Fuente: Elaboración propia

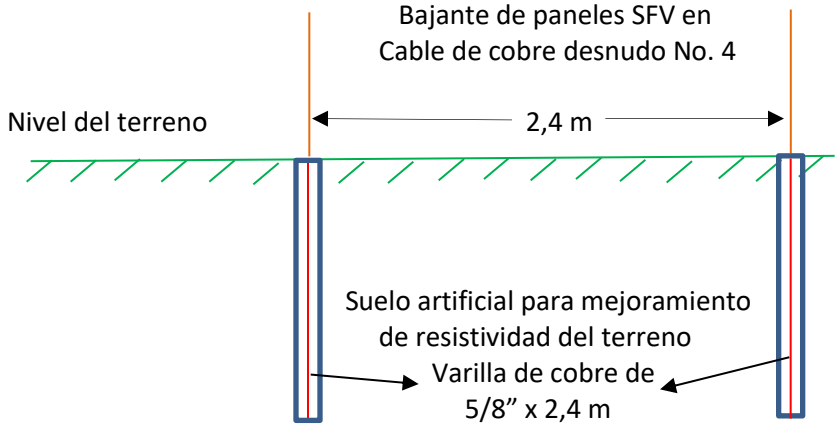


Figura 55. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo III y tipo IV de acuerdo al RETIE
Fuente: Elaboración propia

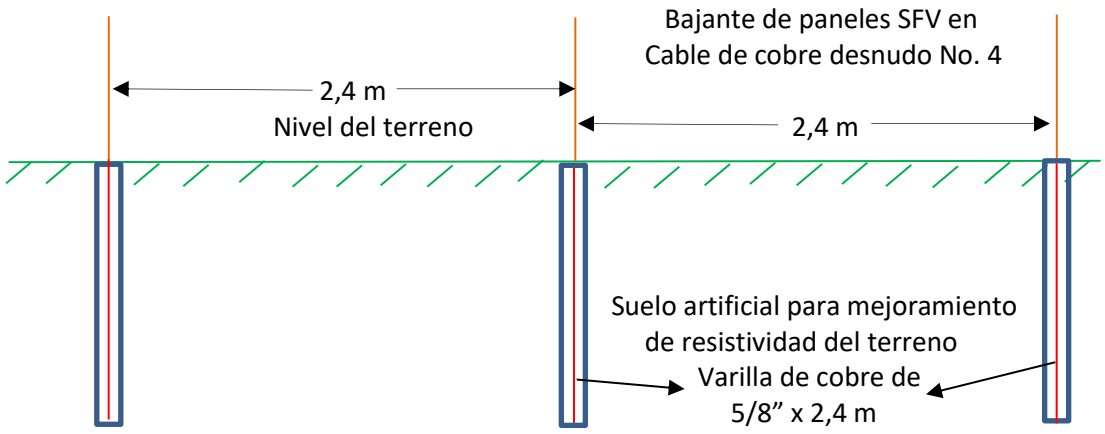


Figura 56. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo V de acuerdo al RETIE
Fuente: Elaboración propia

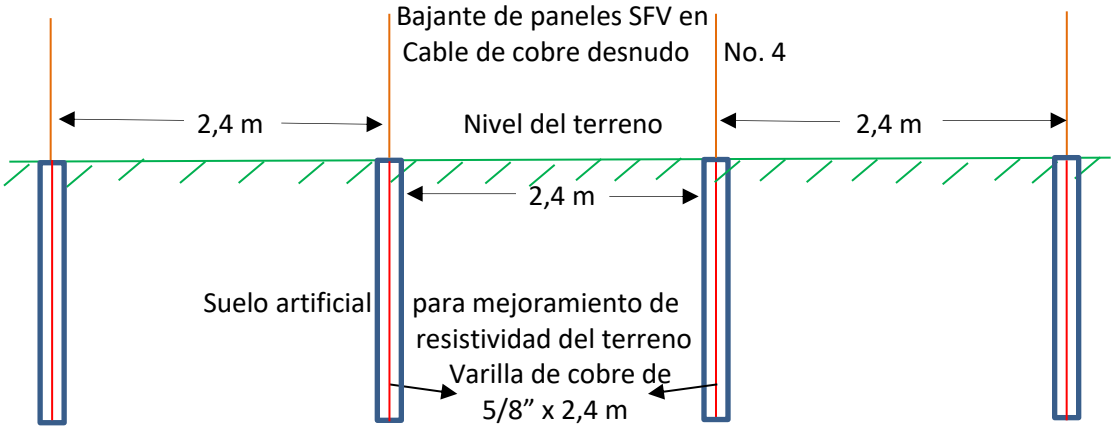


Figura 57. Sistema de puesta a tierra proyectado para el SISFV de las instituciones educativa tipo VI, tipo VIII, tipo IX y tipo X de acuerdo al RETIE
Fuente: Elaboración propia

10 Anexos

10.1 Certificado de calibración de los equipos

Se anexa el certificado de calibración del telurómetro.

10.2 Informe geológico - geotécnico

Se anexa el informe geológico - geotécnico del proyecto efectuado y debidamente firmado por el Ingeniero Geólogo: Alirio Ernesto Acevedo Alarcón, junto con su tarjeta profesional y su certificado de vigencia de su matrícula profesional.

10.3 Cálculo estructural soporte paneles

Se anexan las memorias de cálculos estructurales del soporte de los paneles, efectuado por el Ingeniero Civil – Especialista en Ingeniería de Estructuras: Alfredo Martín Pérez Jaimes, junto con su memorial de responsabilidad del diseño debidamente firmado, tarjeta profesional y su certificado de vigencia de su matrícula profesional.