

# CAPÍTULO 3:

# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## Índice

Índice .....	3-1
Índice de tablas .....	3-1
Índice de figuras .....	3-5
Índice de fotografías .....	3-8
<b>3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>3-11</b>
<b>3.1 Localización .....</b>	<b>3-14</b>
3.1.1 Localización del Parque Solar .....	3-17
3.1.2 Localización de la Línea de Transmisión 230 kV .....	3-34
3.1.3 Localización de la Bahía de Conexión 230 kV .....	3-40
<b>3.2 Características del Proyecto .....</b>	<b>3-43</b>
3.2.1 Infraestructura existente .....	3-46
3.2.2 Fases y actividades del Proyecto .....	3-98
3.2.3 Diseño del Proyecto .....	3-108
3.2.4 Características técnicas .....	3-116
3.2.5 Insumos del Proyecto .....	3-472
3.2.6 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición .....	3-491
3.2.7 Residuos peligrosos y no peligrosos .....	3-494
3.2.8 Costos del Proyecto .....	3-515
3.2.9 Cronograma del Proyecto .....	3-516
3.2.10 Organización del Proyecto .....	3-518

## Índice de tablas

TABLA 3-1 LOCALIZACIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA (INTERCEPCIÓN O PROXIMIDAD CON UNIDADES TERRITORIALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA) .....	3-15
TABLA 3.2. ÁREAS QUE COMPONEN EL PARQUE SOLAR PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA. ....	3-18
TABLA 3.3 COORDENADAS DEL CERRAMIENTO DEL PARQUE SOLAR DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA. ....	3-18
TABLA 3.4 COORDENADAS DEL EJE DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	3-36
TABLA 3.5 COORDENADAS Y UBICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV .....	3-37
TABLA 3.6. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA DENTRO DE LA SUBESTACIÓN MIROLINDO. ....	3-41
TABLA 3.2-1 CLASIFICACIÓN INVIAS SEGÚN FUNCIONALIDAD DE LA VÍA .....	3-47
TABLA 3.2-2 TIPIFICACIÓN DE VÍAS SEGÚN INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC) .....	3-47
TABLA 3.2-3 VÍAS EXISTENTES EN EL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	3-49

TABLA 3.2-4 ESTADO ACTUAL VÍAS EXISTENTES EN EL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA. ....	3-53
TABLA 3.2-5 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS LEVANTADAS EN CAMPO .....	3-72
TABLA 3.2-6 INFRAESTRUCTURA SOCIAL LEVANTADA EN CAMPO .....	3-86
TABLA 3.2-7 PUNTOS DE CONTROL DE GASODUCTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3-89
TABLA 3.2-8 GASODUCTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3-89
TABLA 3.2-9 PUNTOS DE CONTROL DE LA RED ELÉCTRICA .....	3-94
TABLA 3-10. ETAPAS Y ACTIVIDADES GENERALES DEL "PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA " EN EL MARCO DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL .....	3-98
TABLA 3-11. IRRADIACIÓN HORIZONTAL GLOBAL.....	3-114
TABLA 3-12. IRRADIACIÓN GLOBAL EN EL PLANO .....	3-115
TABLA 3-13 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES EN LOS PUNTOS DE OCUPACIÓN DE CAUCE EXISTENTES Y A ADECUAR SOBRE EL DENOMINADO "ACCESO EXISTENTE BUENOS AIRES – DOIMA". ....	3-118
TABLA 3-14 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES EN LOS PUNTOS DE OCUPACIÓN DE CAUCE EXISTENTES Y A ADECUAR SOBRE EL DENOMINADO "ACCESO EXISTENTE SECTOR RURAL PICALÉÑA". ....	3-124
TABLA 3.15. VÍAS Y ACCESOS POR CONSTRUIR EN EL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA.....	3-129
TABLA 3.16. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TIPO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS VÍAS INTERNAS. ....	3-131
TABLA 3.17. PROCESO CONSTRUCTIVO DE BOX COULVERT TIPO. ....	3-133
TABLA 3.18. PROCESO CONSTRUCTIVO DE ALCANTARILLAS TIPO. ....	3-134
TABLA 3.19. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS OCUPACIONES DE CAUCE NUEVAS A CONSTRUIR AL INTERIOR DEL PARQUE SOLAR DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	3-136
TABLA 3.20. TIPOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL. ....	3-138
TABLA 3.21. CORTES Y RELLENOS APROXIMADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE ACCESOS VIALES (APROXIMADOS). ....	3-143
TABLA 3.22. VOLÚMENES APROXIMADOS DE CORTE Y RELLENO DE LOS VIALES INTERIORES A CONSTRUIR. . 3-147	
TABLA 3.23. MAQUINARIA Y EQUIPOS NECESARIOS PARA EL MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE VÍAS. . 3-148	
TABLA 3-24. CARACTERÍSTICAS DE ACCESOS NUEVOS A SITIOS DE TORRE CARE GATO Y PLAZAS DE TENDIDO EN LA ZONA RURAL.....	3-156
TABLA 3-25. CARACTERÍSTICAS DE OCUPACIÓN DE CAUCE TEMPORAL .....	3-158
TABLA 3.26 COORDENADAS DEL ÁREA DE ADECUACIÓN PARA OCUPACIÓN DE CAUCE TEMPORAL PARA LA LÍNEA TRANSMISIÓN 230 KV .....	3-159
TABLA 3.27. ÁREAS EN EL PARQUE, TIPO Y PRODUCCIÓN ESTIMADA .....	3-166
TABLA 3-28. CARACTERÍSTICA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	3-168
TABLA 3.29. NÚMERO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS A INSTALAR POR PARQUE SOLAR .....	3-171
TABLA 3.30. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SEGUIDOR MONO-EJE.....	3-173
TABLA 3.31. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN .....	3-179
TABLA 3.32. CANTIDAD DE INVERSORES POR ÁREAS DEL PARQUE .....	3-184
TABLA 3.33. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR DE MEDIA TENSIÓN .....	3-185
TABLA 3.34. CANTIDAD DE ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN POR ÁREAS DEL PARQUE .....	3-186
TABLA 3.35. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LAS CAJAS COLECTORAS DE MEDIA TENSIÓN .....	3-188
TABLA 3.36. LONGITUDES Y COORDENADAS DE VÉRTICES DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE MEDIA TENSIÓN INTERNAS DEL PARQUE SOLAR .....	3-189
TABLA 3.37. CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	3-192
TABLA 3.38. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELEVADORA .....	3-193
TABLA 3-39. UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL TERRENO DE LA SUBESTACIÓN ELEVADORA .....	3-195
TABLA 3.40. ÁREAS MÁXIMAS PARA UTILIZAR POR CADA TIPO DE INFRAESTRUCTURA A ADECUAR O CONSTRUIR. ....	3-199
TABLA 3.41. MAQUINARIA Y EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE SOLAR. ....	3-200

TABLA 3-42. CONECTORES DE SERIE. ....	3-204
TABLA 3-43. ESPECIFICACIONES PROBABLES DEL CABLE SOLAR. ....	3-206
TABLA 3-44. ESPECIFICACIÓN DE LOS CABLES LVCA.....	3-206
LOS CABLES PARA LA CONEXIÓN DE AC ENTRE EL CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE AC LV Y EL TRANSFORMADOR SON DEL TIPO DE CABLE DE COBRE NSGAFÖU 1, 8/3 KV. LA SECCIÓN DE LOS CABLES ES DE 240 MM <sup>2</sup> . LA TABLA 3-45 MUESTRA LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LOS CABLES LV DESDE LA SALIDA DE LA CENTRALITA AC LV AL TRANSFORMADOR EN CADA ESTACIÓN TRANSFORMADORA DE MEDIA TENSIÓN.....	3-207
TABLA 3-46. CA LV CABLEADO DEL TABLERO DE INTERRUPTORES AL TRANSFORMADOR. ....	3-207
TABLA 3-47. ESPECIFICACIONES CABLE MV.....	3-208
TABLA 3.48. CRITERIOS DE SITIO PARA LLENOS DE ADECUACIÓN Y LLENOS ESTRUCTURALES.....	3-218
TABLA 3.49. MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ZANJAS. ....	3-226
TABLA 3.50. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LA BODEGA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	3-244
TABLA 3-51. UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL TERRENO DE LA BODEGA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 3- 246	
TABLA 3.52. CARACTERÍSTICAS Y COORDENADAS DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTE DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.....	3-248
TABLA 3-59 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA .....	3-257
TABLA 3-60 CANTIDAD DE ESTRUCTURAS .....	3-259
TABLA 3.61. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV .....	3-265
TABLA 3-62 CARACTERÍSTICAS DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV .....	3-266
TABLA 3-63 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV.....	3-267
TABLA 3-64. CANTIDADES APROXIMADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230KV	3-270
TABLA 3-65. CANTIDADES APROXIMADAS PARA EL ACABADO DE PATIO DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV 3- 271	
TABLA 3-66. CANTIDADES APROXIMADAS DE EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA OBRAS CIVILES EN LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV .....	3-272
TABLA 3-67. COORDENADAS Y LONGITUDES DEL EJE DE LAS VÍAS INTERNAS DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230KV.....	3-274
TABLA 3-68. COORDENADAS DE VÉRTICES POLÍGONO VÍA INTERNA DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV	3-275
TABLA 3-69. VOLÚMENES APROXIMADOS DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN PARA LA VÍA INTERNA DE LA BAHÍA .....	3-277
TABLA 3-70. CANTIDADES APROXIMADAS DE MATERIAL PARA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA INTERNA DE LA BAHÍA.....	3-277
TABLA 3-71. CANTIDADES APROXIMADAS DE MATERIAL PARA EL DISEÑO DE LA CASETA DE CONTROL...	3-280
TABLA 3-72. COORDENADAS VÉRTICES CASETA DE CONTROL.....	3-281
TABLA 3-73. COORDENADAS CERRAMIENTO PERIMETRAL.....	3-281
TABLA 3-74 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES DE FASES AÉREOS.....	3-283
TABLA 3-75. PARÁMETROS DE CÁLCULO DE LA CAPACIDAD AMPERICA .....	3-284
TABLA 3-76. CAPACIDAD DE TRANSPORTE CONDUCTORES PRE-SELECCIONADOS.....	3-284
TABLA 3-77 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES DE FASES SUBTERRÁNEOS.....	3-285
TABLA 3-78 CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES DE GUARDA.....	3-286
TABLA 3-79. DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA ZONAS CON CONSTRUCCIONES, DIFERENTES LUGARES Y SITUACIONES ESTABLECIDA EN EL RETIE. ....	3-287
TABLA 3-80. UBICACIÓN Y CONDICIONES DE PLAZA DE TENDIDO .....	3-290
TABLA 3.81. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LAS PLAZAS DE TENDIDO .....	3-291
TABLA 3.82. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DEL PATIO DE ALMACENAMIENTO .....	3-305
TABLA 3-83. UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL TERRENO DEL PATIO DE ALMACENAMIENTO .....	3-309

TABLA 3-84. RELACIÓN DE MAQUINARIA A OPERAR EN LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN Y BAHÍA DE CONEXIÓN 230KV .....	3-311
TABLA 3-79. DIMENSIONES PROMEDIO DE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN. 3-315	
TABLA 3-86. RESUMEN DE LAS INTERVENCIONES MÁS IMPORTANTES SOBRE LA VARIANTE NORTE DE IBAGUÉ 40TLG Y VARIANTE PICALEÑA 40TLF, DE LA CONCESIÓN SAN RAFAEL. ....	3-318
TABLA 3-87. CANTIDADES DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN Y RELLENO DE LAS CIMENTACIONES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV. ....	3-325
TABLA 3-88. CANTIDADES DE MATERIAL PARA CIMENTACIONES TIPO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV. ....	3-328
TABLA 3-89. ÁREAS Y UBICACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN .....	3-339
TABLA 3-84. TENSIONES DE LOS CABLES Y CONDUCTORES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV .....	3-343
TABLA 3-91. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE LOS TRAMOS SUBTERRÁNEOS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV .....	3-350
TABLA 3-92. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LA ZANJA PARA EL PRIMER TRAMO SUBTERRÁNEO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV .....	3-352
TABLA 3-93. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO PARA LA PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV .....	3-361
TABLA 3-94. VOLUMEN HORARIO DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MAYOR DEMANDA, ESTIMADO PARA EL AÑO 2021, CON UN INCREMENTO DEL 3% ANUAL. ....	3-364
TABLA 3-95. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS .....	3-366
TABLA 3.96. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS TRANSFORMADORES. ....	3-411
TABLA 3.97. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS. ....	3-415
TABLA 3.98. EQUIPOS TIPO A UTILIZAR EN LA OPERACIÓN DEL PARQUE SOLAR. ....	3-418
TABLA 3.99. CANTIDAD DE ESTACIONES CON TRANSFORMADORES DE MEDIA TENSIÓN POR ÁREAS DEL PARQUE Y SU POTENCIA DE AC .....	3-426
TABLA 3.100. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS CELDAS DE MEDIA TENSIÓN. ....	3-428
TABLA 3.101. APARAMENTA DE LAS CELDAS. ....	3-429
TABLA 3.102. INSTALACIONES DE APOYO PERMANENTE EN LA ETAPA OPERATIVA. ....	3-430
TABLA 3-103 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA .....	3-433
TABLA 3-104 CAPACIDAD DE TRANSPORTE CONDUCTORES PRE-SELECCIONADOS.....	3-433
TABLA 3-105. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS POR UTILIZAR EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO – LÍNEA DE TRANSMISIÓN .....	3-438
TABLA 3-106. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO – SUBESTACIONES .....	3-438
TABLA 3-107.INFRAESTRUCTURA ASOCIADA AL PARQUE FOTOVOLTAICO Y LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV. 3-454	
TABLA 3.108. CRITERIOS PARA EL ACABADO DE PATIO EN GRAVA.....	3-459
TABLA 3.109. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES TEMPORALES DEL PARQUE SOLAR	3-465
TABLA 3-110. UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL TERRENO DE INSTALACIONES TEMPORALES DEL PARQUE SOLAR .....	3-466
TABLA 3-111. UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL TERRENO DE LOS PATIOS DE ACOPIO TEMPORAL .....	3-468
TABLA 3-112. ESTIMACIONES DE VOLÚMENES DE MOVIMIENTOS DE TIERRA, DESCAPOTE, MATERIALES DE RELLENO Y CEMENTO. ....	3-474
TABLA 3-113. EMPRESAS CON PERMISOS O LICENCIAS VIGENTES PARA SUMINISTRO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN JURISDICCIÓN DE CORTOLIMA (VER ANEXO C.14). SE RESALTAN EN GRIS LAS UBICADAS Y ACTIVAS EN LOS MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS, POR SU RELACIÓN CON EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. ....	3-476
TABLA 3-114 ESTIMATIVOS DE MANO DE OBRA PARA EL PROYECTO EN ETAPA CONSTRUCTIVA. ....	3-489

TABLA 3-115 ESTIMATIVOS DE MANO DE OBRA PARA EL PROYECTO EN ETAPA OPERATIVA. ....	3-490
TABLA 3-116. ESTIMACIONES DE VOLÚMENES DE MATERIALES A REINCORPORAR EN LAS OBRAS Y A DISPONER COMO RCD* .....	3-491
TABLA 3-117 ESCOMBRERAS AUTORIZADAS REPORTADAS POR CORTOLIMA. ....	3-494
TABLA 3-118 CLASIFICACIÓN DE COLORES PARA ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS.....	3-495
TABLA 3-119. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS A GENERARSE EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO. ....	3-505
TABLA 3-120 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADO POR LOS TRABAJADORES .....	3-506
TABLA 3-121. GESTORES AUTORIZADOS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS ....	3-506
TABLA 3-122 TIPOS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS, DISPOSICIÓN TEMPORAL Y FINAL EN EL PROYECTO "PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA ". ....	3-507
TABLA 3-123 PROVEEDOR DE BAÑOS PORTÁTILES .....	3-511
TABLA 3-124 APORTES DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN CADA ETAPA DEL PROYECTO .....	3-515
TABLA 3-125 COSTOS DE INVERSIÓN .....	3-516
TABLA 3-126 COSTOS DE OPERACIÓN .....	3-516

## Índice de figuras

FIGURA 3.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	3-16
FIGURA 3.2 LOCALIZACIÓN DEL PARQUE SOLAR DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA. ....	3-17
FIGURA 3.3 LOCALIZACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA.	3-35
FIGURA 3.4. LOCALIZACIÓN DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA, DENTRO DE LA SUBESTACIÓN MIROLINDO. ....	3-41
FIGURA 3.5 LOCALIZACIÓN DEL AEROPUERTO PERALES CONTIGUO AL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	3-51
FIGURA 3.6 LOCALIZACIÓN PISTAS DE ATERRIZAJE PRIVADA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	3-52
FIGURA 3.7 VÍAS PRIMARIAS EN INMEDIACIONES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....	3-54
FIGURA 3.8 VÍA SECUNDARIA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	3-60
FIGURA 3.9 VÍA TERCIARIAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....	3-62
FIGURA 3.10 LOCALIZACIÓN ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS LEVANTADAS EN CAMPO .....	3-85
FIGURA 3.11 LOCALIZACIÓN INFRAESTRUCTURA SOCIAL .....	3-87
FIGURA 3.12 LOCALIZACIÓN SILOS DE ARROZ EN EL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3-88
FIGURA 3.13 LOCALIZACIÓN PUNTOS DE CONTROL Y LINEAMIENTOS DUCTOS DE INFRAESTRUCTURA PETROLERA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3-90
FIGURA 3.14 LOCALIZACIÓN LÍNEA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA BETANIA-MIROLINDO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.....	3-93
FIGURA 3.15 LOCALIZACIÓN REDES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.....	3-96
FIGURA 3.16 LOCALIZACIÓN ESTACIÓN MIROLINDO .....	3-97
FIGURA 3.17 HORIZONTE DEL TERRENO .....	3-113
FIGURA 3.18. DURACIÓN DEL DÍA Y ÁNGULO CENITAL SOLAR MÍNIMO.....	3-113
FIGURA 3.19. TEMPERATURA DEL AIRE .....	3-114
FIGURA 3.20. SUMA DIARIA DE LA IRRADIACIÓN GLOBAL KWH/M 2 .....	3-115
FIGURA 3.21. LOCALIZACIÓN DE LAS OCUPACIONES DE CAUCE A ADECUAR Y A CONSTRUIR .....	3-128

FIGURA 3.22. VÍAS INTERNAS A CONSTRUIR EN EL PARQUE SOLAR. ....	3-130
FIGURA 3.23. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO DE LAS VÍAS INTERNAS DEL PARQUE SOLAR.....	3-132
FIGURA 3.24. TIPO DE CANALES. ....	3-137
FIGURA 3.25. ACCESOS NUEVOS TEMPORALES PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN Y BAHÍA DE CONEXIÓN 230KV.....	3-149
FIGURA 3.26. ESQUEMA DE ACCESOS NUEVOS .....	3-157
FIGURA 3.27. ÁREA DE ADECUACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA OCUPACIÓN DE CAUCE TEMPORAL EN ACCESO EXISTENTE PARA ACCEDER A LOS SITIOS DE TORRES Y PLAZAS DE TENDIDO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV.....	3-160
FIGURA 3.28 DISEÑO TIPO – PONTÓN DE MADERA.....	3-161
FIGURA 3.29 DISEÑO TIPO – PLANCHÓN METÁLICO.....	3-161
FIGURA 3.30 DISEÑO TIPO – PUENTE METÁLICO .....	3-162
FIGURA 3.31 UBICACIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DEL PARQUE FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA. ...	3-164
FIGURA 3.32. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LA CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA DEL PARQUE SOLAR. ....	3-166
FIGURA 3.33 ESQUEMA DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO MONOCRISTALINOS BIFACIALES (SILICONA) .....	3-170
FIGURA 3.34 MOVIMIENTO DURANTE EL DÍA DE SEGUIDOR SOLAR .....	3-172
FIGURA 3.35. ESQUEMA DE UN SEGUIDOR MONO-EJE TRACKER NX HORIZON .....	3-175
FIGURA 3.36. LOCALIZACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	3-177
FIGURA 3.37. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN .....	3-178
FIGURA 3.38. ESQUEMA DE UN INVERSOR CENTRAL SG3125HV-30.....	3-181
FIGURA 3.39. ESQUEMA DE CONEXIONES DE UN INVERSOR CENTRAL SG3125HV-30 .....	3-182
FIGURA 3.40. CURVA DE RENDIMIENTO DE UN INVERSOR CENTRAL SG3125HV-30 .....	3-182
FIGURA 3.41. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR CENTRAL SG3125HV-30 .....	3-183
FIGURA 3.42. EJEMPLO DE UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	3-184
FIGURA 3.43. LOCALIZACIÓN DE LAS CAJAS COLECTORAS DE MEDIA TENSIÓN Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE MEDIA TENSIÓN INTERNAS DEL PARQUE SOLAR.....	3-188
FIGURA 3.44. EJEMPLO DE UNA SUBESTACIÓN ELEVADORA INDOORS. ....	3-192
FIGURA 3.45. LOCALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELEVADORA .....	3-194
FIGURA 3.46. GEORREFERENCIACIÓN ÁREA TOTAL DEL PARQUE FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	3-196
FIGURA 3.47 DIAGRAMA DE FLUJO GENERACIÓN DE ENERGÍA. ....	3-197
FIGURA 3.48 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN PARQUE SOLAR.....	3-198
FIGURA 3.49. LOCALIZACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN A LA CONEXIÓN DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL (SIN). ....	3-210
FIGURA 3.50. VALLADO PERIMETRAL. ....	3-223
FIGURA 3.51. DISEÑO DE LAS ZANJAS PARA CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN (1 CIRCUITO).....	3-228
FIGURA 3.52. DISEÑO DE LAS ZANJAS PARA CONDUCTORES MEDIA TENSIÓN (1 CIRCUITO).....	3-228
FIGURA 3.53. EJEMPLO DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO MONOCRISTALINOS BIFACIALES (SILICONA). ..	3-229
FIGURA 3.54. ESTRUCTURA DE FUNDACIÓN Y TIPOS DE PERFIL. ....	3-231
FIGURA 3.55. ESTRUCTURA DE FUNDACIÓN TIPO TORNILLO. ....	3-231
FIGURA 3.56. MESA DE PANELES - MEDIDAS GENÉRICAS. ....	3-233
FIGURA 3.57 LOCALIZACIÓN DE ZONA DE OBRAS PROVISIONALES – INSTALACIONES TEMPORALES .....	3-241
FIGURA 3.58 LOCALIZACIÓN DE LA BODEGA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	3-245
FIGURA 3.59 DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	3-246
FIGURA 3.60 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE 230 KV DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA.....	3-252
FIGURA 3.61. EJEMPLO DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN SOBRE SEPARADOR DE VÍA UBICADO EN LA RUTA NACIONAL 40. ....	3-254
FIGURA 3.62. ESQUEMA DEL PLANO PLANTA PERFIL LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV .....	3-255

FIGURA 3.63. ESQUEMA DE OPERACIÓN- DIAGRAMA UNIFILAR BAHÍA DE CONEXIÓN 230KV EN SUBESTACIÓN MIROLINDO .....	3-258
FIGURA 3.64. DISPOSICIÓN FÍSICA PLANTA Y CORTE DE LA IMPLANTACIÓN AMPLIACIÓN SUBESTACIÓN MIROLINDO 230 KV PARA BAHÍA DE CONEXIÓN DEL PARQUE SOLAR .....	3-262
FIGURA 3.65. LOCALIZACIÓN DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV.....	3-265
FIGURA 3.66. ÁREA ADECUACIÓN DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV .....	3-271
FIGURA 3.67. TRAZADO DE VÍAS DE ACCESO E INTERNAS DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230KV .....	3-275
FIGURA 3.68. CORTE TRANSVERSAL TIPO PARA LA VÍA INTERNA DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV .....	3-277
FIGURA 3.69. DISPOSICIÓN CÁRCAMOS Y CAJAS DE TIRO DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV .....	3-279
FIGURA 3.70. DISPOSICIÓN CASETA DE CONTROL DE LA BAHÍA DE CONEXIÓN 230 KV .....	3-280
FIGURA 3.71. CERRAMIENTO PERIMETRAL – MALLA ESLABONADA .....	3-282
FIGURA 3.72. PLANTA CERRAMIENTO PERIMETRAL .....	3-282
FIGURA 3.73. ÁREAS DE SEGURIDAD EN LA SERVIDUMBRE DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN COLOMBIA. 3-288	
FIGURA 3.74. LOCALIZACIÓN DE LAS PLAZAS DE TENDIDO .....	3-296
FIGURA 3.75. LOCALIZACIÓN DE LAS FRANJAS DE TENDIDO.....	3-300
FIGURA 3.76. LOCALIZACIÓN DEL PATIO DE ALMACENAMIENTO PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN .....	3-308
FIGURA 3.77. DIAGRAMA GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS A EMPLEAR.....	3-317
FIGURA 3.78. TRAMO: VARIANTE NORTE DE IBAGUÉ 40TLG – INTERSECCIÓN CASA DE LA MONEDA.....	3-320
FIGURA 3.79. TRAMO: VARIANTE NORTE DE IBAGUÉ 40TLG – INTERSECCIÓN EL RODEO .....	3-321
FIGURA 3.80. TRAMO: VARIANTE PICALÉÑA 40TLF.....	3-322
FIGURA 3.81. MÉTODO DE EXCAVACIÓN E INSTALACIÓN DE POSTES. ....	3-326
FIGURA 3.82. ESQUEMA GENERAL DE LA CIMENTACIÓN PARA TORRES CARE GATO – CIMENTACIÓN TIPO ZAPATA. ....	3-330
FIGURA 3.83. ESQUEMA GENERAL DE LA CIMENTACIÓN PARA POSTES DE CONCRETO .....	3-331
FIGURA 3.84. ESQUEMA GENERAL DE LA CIMENTACIÓN PARA POSTES DE ACERO Y TORRECILLAS. ....	3-332
FIGURA 3.85. LOCALIZACIÓN ÁREAS DE TRABAJO PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN .....	3-336
FIGURA 3.86. PROTECCIÓN CRUCE DE VÍAS .....	3-346
FIGURA 3.87. ESQUEMA GENERAL DE LA SECCIÓN TÍPICA EN LA ZONA DE INTERVENCIÓN SUBTERRÁNEA. .. 3-347	
FIGURA 3.88. LOCALIZACIÓN DE TRAMOS SUBTERRÁNEOS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.....	3-349
FIGURA 3.89. LOCALIZACIÓN DE LA ZANJA PARA EL PRIMER TRAMO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230KV . 3-353	
FIGURA 3.90. DESCRIPCIÓN DE TRAMOS SUBTERRÁNEOS.....	3-354
FIGURA 3.91. EQUIPO DE PERFORACIÓN DIRIGIDA.....	3-359
FIGURA 3.92. PLANTA Y PERFIL DE LA CAJA DE TIRO AL INICIO Y AL FINAL DE LOS TRAMOS SUBTERRÁNEOS. 3-360	
FIGURA 3.93. SECCIÓN LONGITUDINAL TÍPICA PARA LOS TRAMOS SUBTERRÁNEOS.....	3-360
FIGURA 3.94. LOCALIZACIÓN ÁREAS DE TRABAJO PARA LAS PHD DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV 3-363	
FIGURA 3.95. ESQUEMA DE OPERACIÓN DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	3-396
FIGURA 3.96. CURVA CARACTERÍSTICA DE CORRIENTE VS TENSIÓN. ....	3-409
FIGURA 3.97. ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	3-413
FIGURA 3.98. SISTEMA SCADA.....	3-416
FIGURA 3.99. CÁMARAS DE VIGILANCIA. ....	3-417
FIGURA 3.100. CENTRO DE SECCIONAMIENTO (SECCIÓN LONGITUDINAL). ....	3-421
FIGURA 3.101. CENTRO DE SECCIONAMIENTO (VISTA FRONTAL Y LATERAL DERECHO). ....	3-421
FIGURA 3.102. CENTRO DE CONTROL. ....	3-423
FIGURA 3.103. BODEGA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (VISTA DE PERFIL).....	3-424
FIGURA 3.104. ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN (TIPO CONTENEDOR). ....	3-425



FIGURA 3.105. ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN DE DOS INVERSORES (TIPO CELDAS A LA INTEMPERIE).	3-426
FIGURA 3.106. ESQUEMA DE OPERACIÓN- DIAGRAMA UNIFILAR BAHÍA DE CONEXIÓN 230KV EN SUBESTACIÓN MIROLINDO .....	3-432
FIGURA 3.107. VISTA TRANSVERSAL DE LAS DEFENSAS METÁLICAS EN TRAMO DE POSTES EN CONCRETO (TRAMO TÍPICO).....	3-448
FIGURA 3.108. VISTA TRANSVERSAL DE LAS DEFENSAS METÁLICAS EN TRAMO DE TORRECILLAS (TRAMO TÍPICO). .....	3-449
FIGURA 3.109. VISTA TRANSVERSAL DE LAS DEFENSAS METÁLICAS EN TRAMO DE POSTES METÁLICOS (TRAMO TÍPICO).....	3-449
FIGURA 3.110. VISTA TÍPICA EN PLANTA DE LAS DEFENSAS METÁLICAS. ....	3-450
FIGURA 3.111. VISTA TRANSVERSAL DE LAS DEFENSAS METÁLICAS EN TRAMO DE TORRECILLAS Y POSTES EN CONCRETO (TRAMO ESTRECHO). ....	3-451
FIGURA 3.112. VISTA EN PLANTA DE LAS DEFENSAS METÁLICAS EN TRAMO DE POSTES EN CONCRETO (TRAMO ESTRECHO). ....	3-452
FIGURA 3.113. VISTA EN PLANTA DE LAS DEFENSAS METÁLICAS EN TRAMO DE TORRECILLAS (TRAMO ESTRECHO). ....	3-453
FIGURA 3.114. BAÑO PORTÁTIL TIPO. ....	3-458
FIGURA 3.115. DISEÑO TIPO DE UNA CASETA DE RESIDUOS SÓLIDOS. ....	3-463
FIGURA 3.116. LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES TEMPORALES DEL PARQUE SOLAR .....	3-466
FIGURA 3.117. LOCALIZACIÓN PATIOS DE ACOPIO TEMPORAL DEL PARQUE SOLAR .....	3-471
FIGURA 3.118. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS PARA ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS .....	3-510
FIGURA 3.119. TANQUES TIPO ROTOPLAST .....	3-511
FIGURA 3.120. SISTEMA DE MANEJO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS FAFA – ETAPA OPERACIÓN.....	3-513
FIGURA 3.121. CRONOGRAMA GENERAL DEL PROYECTO EN SUS DIFERENTES ETAPAS (ANEXO C.17).....	3-517
FIGURA 3.122 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DURANTE LA ETAPA CONSTRUCCIÓN.....	3-519
FIGURA 3.123 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DURANTE LA OPERACIÓN.....	3-520

## Índice de fotografías

FOTOGRAFÍA 3.2-1 ESTRUCTURA EN DESUSO ANTIGUA LÍNEA FÉRREA CONTIGUA A CORREDOR BUENOS AIRES - DOIMA .....	3-50
FOTOGRAFÍA 3.2-2 VÍA TV-40-04 EN CRUCE A CORREDOR BUENOS AIRES - DOIMA.....	3-55
FOTOGRAFÍA 3.2-3 VÍA TV-40-04 VISTA DE LA BANCA .....	3-55
FOTOGRAFÍA 3.2-4 VÍA AL-T-40-LTG VÍA DOBLE CALZADA .....	3-56
FOTOGRAFÍA 3.2-5 VÍA AL-T-40-LTG SEÑALIZACIÓN ROTONDA .....	3-57
FOTOGRAFÍA 3.2-6 VÍA AL-T-40-LTF SEÑALIZACIÓN VERTICAL .....	3-57
FOTOGRAFÍA 3.2-7 VÍA AL-T-40-LTF ESTRUCTURA HIDRÁULICA .....	3-58
FOTOGRAFÍA 3.2-8 VÍA AL-T-40-TLC VISTA A LA BANCA .....	3-59
FOTOGRAFÍA 3.2-9 VÍA AL-T-40-TLC VISTA CAMBIO DE CALZADA SENCILLA A DOBLE .....	3-59
FOTOGRAFÍA 3.2-10 VÍA VA-P INICIO EN SECTOR PICALÉÑA .....	3-61
FOTOGRAFÍA 3.2-11 VÍA VA-P FIN VÍA SECTOR PICALÉÑA .....	3-61
FOTOGRAFÍA 3.2-12 VÍA VA-BA-D VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA .....	3-63
FOTOGRAFÍA 3.2-13 VÍA VA-BA-D CON TRÁFICO DE CAMIONES .....	3-63
FOTOGRAFÍA 3.2-14 VÍA V1 VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA .....	3-64

FOTOGRAFÍA 3.2-15 VÍA V1 MOVILIZACIÓN MAQUINARIA AGRÍCOLA .....	3-64
FOTOGRAFÍA 3.2-16 VÍA VA-P VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA.....	3-65
FOTOGRAFÍA 3.2-17 VÍA VA-P FIN EN CRUCE CON VÍA VA-BA-D .....	3-66
FOTOGRAFÍA 3.2-18 RAMAL VA-P1 VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA .....	3-67
FOTOGRAFÍA 3.2-19 RAMAL VA-P1 VISTA GENERAL .....	3-67
FOTOGRAFÍA 3.2-20 RAMAL VA-P2 INICIO TRAMO.....	3-68
FOTOGRAFÍA 3.2-21 RAMAL VA-P2 VISTA GENERAL.....	3-68
FOTOGRAFÍA 3.2-22 VÍA V2 CRUCE VIAL CON VÍA VA-P.....	3-69
FOTOGRAFÍA 3.2-23 VÍA V2 VISTA A PORTÓN DE ACCESO A PREDIO PRIVADO.....	3-70
FOTOGRAFÍA 3.2-24 VÍA V2A VISTA A PORTÓN DE LOTE .....	3-70
FOTOGRAFÍA 3.2-25 VÍA V2A VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA TERRENO NATURAL .....	3-71
FOTOGRAFÍA 3.2-26 SILOS DE ARROZ EN EL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3-88
FOTOGRAFÍA 3.2-27 CRUCE GASODUCTO LOCALIZADO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3-91
FOTOGRAFÍA 3.2-28 RED DE BAJA TENSIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3-96
FOTOGRAFÍA 3.2-29 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MIROLINDO .....	3-98
FOTOGRAFÍA 3.2-30 VÍA VA-BA-D VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA .....	3-117
FOTOGRAFÍA 3.2-31 VÍA VA-BA-D CON TRÁFICO DE CAMIONES .....	3-118
FOTOGRAFÍA 3.2-32 VÍA V1 VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA .....	3-120
FOTOGRAFÍA 3.2-33 VÍA V1 MOVILIZACIÓN MAQUINARIA AGRÍCOLA .....	3-121
FOTOGRAFÍA 3.2-34 VÍA VA-P INICIO EN SECTOR PICALAÑA .....	3-122
FOTOGRAFÍA 3.2-35 VÍA VA-P FIN VÍA SECTOR PICALAÑA .....	3-122
FOTOGRAFÍA 3.2-36 VÍA VA-P VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA.....	3-123
FOTOGRAFÍA 3.2-37 VÍA VA-P FIN EN CRUCE CON VÍA VA-BA-D .....	3-124
FOTOGRAFÍA 3.2-38 VÍA V2 CRUCE VIAL CON VÍA VA-P.....	3-125
FOTOGRAFÍA 3.2-39 VÍA V2 VISTA A PORTÓN DE ACCESO A PREDIO PRIVADO.....	3-126
FOTOGRAFÍA 3.2-40 VÍA V2A VISTA A PORTÓN DE LOTE .....	3-127
FOTOGRAFÍA 3.2-41 VÍA V2A VISTA A SUPERFICIE DE RODADURA TERRENO NATURAL .....	3-127
FOTOGRAFÍA 3.42. LOCALIZACIÓN E INICIO DEL TRAZADO DE VÍA CON TOPOGRAFÍA. ....	3-141
FOTOGRAFÍA 3.43. INICIO DE DESCAPOTE PARA APERTURA DE VÍA.....	3-142
FOTOGRAFÍA 3.44. PERFILADO Y CONFORMACIÓN DE VÍA. ....	3-144
FOTOGRAFÍA 3.45. PERFILADO Y CUNETEADO DE LA VÍA. ....	3-145
FOTOGRAFÍA 3.46. TENDIDO DE CABLES ELÉCTRICOS EN PLANTA FOTOVOLTAICA. ....	3-205
FOTOGRAFÍA 3.47. PLANTILLADO Y REPLANTEO.....	3-214
FOTOGRAFÍA 3.48. LIMPIEZA Y DESCAPOTE PARA LA ADECUACIÓN DEL TERRENO. ....	3-216
FOTOGRAFÍA 3.49. CORTE Y RELLENO.....	3-217
FOTOGRAFÍA 3.50. COMPACTACIÓN DEL TERRENO.....	3-219
FOTOGRAFÍA 3.51. SEÑALIZACIÓN. ....	3-220
FOTOGRAFÍA 3.52. CERRAMIENTO TIPO CONSTRUIDO EN MALLA ESLABONADA. ....	3-222
FOTOGRAFÍA 3.53. PORTÓN TIPO. ....	3-222
FOTOGRAFÍA 3.54. TRABAJO DE APERTURA DE ZANJAS EN PLANTA FOTOVOLTAICA. ....	3-225
FOTOGRAFÍA 3.55. HINCADO DE ESTRUCTURAS PARA EL MONTAJE DE PANELES. ....	3-230
FOTOGRAFÍA 3.56. MONTAJE DE PANELES SOLARES. ....	3-232
FOTOGRAFÍA 3.57. SISTEMA DE BARRERAS PERMEABLES TIPO PARA RETENCIÓN DE SÓLIDOS. ....	3-234
FOTOGRAFÍA 3.58. IMAGEN DE CIMENTACIÓN DE INVERSORES Y FOTOGRAFÍA DE CIMENTACIONES .....	3-236
FOTOGRAFÍA 3-59 FRANJA DE TENDIDO TIPO BRECHA DE RIEGA.....	3-299
FOTOGRAFÍA 3-60 PÓRTICOS PROVISIONALES PARA EL TENDIDO DE CABLES EN CRUCE DE CUERPOS DE AGUA .....	3-345
FOTOGRAFÍA 3.61. LIMPIEZA DE PANELES. ....	3-404
FOTOGRAFÍA 3.62. REEMPLAZO DE PIEZAS.....	3-405

Ibagué y Piedras (Tolima)

FOTOGRAFÍA 3.63. ÁREA PARA CAMPAMENTO Y OFICINAS. ....	3-457
FOTOGRAFÍA 3.64. GENERADOR TIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ....	3-460
FOTOGRAFÍA 3.65. DIQUE TIPO EN MAMPOSTERÍA Y PISO EN CONCRETO. ....	3-461
FOTOGRAFÍA 3.66. CASETA TIPO TRANSPORTABLE – RESIDUOS SÓLIDOS. ....	3-462
FOTOGRAFÍA 3.67. CASETA FIJA DE RESIDUOS SÓLIDOS. ....	3-464
FOTOGRAFÍA 3.68. PARQUEADERO INTERNO DE VEHÍCULOS. ....	3-465
FOTOGRAFÍA 3.69. CASETA TIPO DE CELADURÍA. ....	3-467

### 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

---

En este capítulo se presenta la localización geográfica y la descripción de cada una de las etapas y actividades necesarias para el desarrollo del "PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA "PROYECTO (en adelante el Proyecto), el cual se sustenta en el aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía renovable, como es el caso de la energía solar, por lo cual se debe analizar bajo la óptica de ser un Proyecto de utilidad pública que coincide con los presupuestos de la Ley 1715 de 2014, la cual promueve e incentiva, entre otros, el desarrollo, la inversión y la utilización de fuentes de energía renovable; y que tiene dentro de sus finalidades suprimir o superar gradualmente las barreras de tipo jurídico, económico y de mercado que permitan crear condiciones propicias para su aprovechamiento.

El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La aprovechará la energía solar por medio en una serie de módulos fotovoltaicos (hasta 160 MW en corriente alterna) y la aplicación de un proceso no contaminante, que producirá corriente eléctrica alterna para ser suministrada al Sistema de Transmisión Nacional, a través de una Línea de Transmisión de 230 kV que conectará con la subestación Mirolindo, en el municipio de Ibagué.

El representante operativo y titular del Proyecto es OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.<sup>1</sup> (NIT 901.512.352-3), sociedad debidamente constituida y válidamente existente de conformidad con las leyes de la República de Colombia, domiciliada en Bogotá, D.C.

El diseño de la Planta de Generación Fotovoltaica y la Línea de Transmisión de 230 kV, cumple con todos los requisitos específicos para la generación de energía eléctrica establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) expedido

---

<sup>1</sup> ACLARACIÓN: "OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S. (NIT 901.270.422-0) constituyó la OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (NIT 901.512.352-3) para el trámite de la licencia y los permisos ambientales aplicables al Proyecto Fotovoltaico Shangri-La. Se presenta esta aclaración porque algunos trámites iniciales del Proyecto fueron realizados a nombre de OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S. (NIT 901.270.422-0).

mediante Resolución 90708 de 2013 y actualizado bajo la Resolución 40492 de 2015 del Ministerio de Minas y Energía, por lo cual se efectuó el diseño y planeación de la instalación conforme a la Sección 690 de la NTC 2050.

El Parque fotovoltaico se construirá en predios de las Veredas Picalaña Sector Rural del municipio Ibagué y de la Vereda Estación Doima del Municipio Piedras, y se fundamenta en la generación de energía eléctrica mediante el uso de energías renovables con una capacidad instalada aproximada de 209,34 MWp y con una capacidad de generación en la red de 160 MWac. El sistema de montaje consistirá en seguidores horizontales de un solo eje. Se espera que el Proyecto genere aproximadamente 427,248 GWh de electricidad durante su primer año de operación, con un rendimiento implícito de aproximadamente 1.841 kWh / kWp / año, en línea con los mayores rendimientos que se pueden lograr en Colombia, diseñando el Proyecto para una etapa operación de 30 años (cronograma en numeral 3.2.9).

Lo anterior a partir de 387.688 unidades de paneles fotovoltaicos que representan una capacidad de 540 Wp (Watts Pico) por panel, los cuales dentro de la planta fotovoltaica cuentan con transformadores para elevar la tensión de la energía generada a 230 kV y así transportarla mediante línea de interconexión hasta la Subestación Mirolindo del Municipio de Ibagué. A su vez el Proyecto comprende el diseño, construcción, montaje, operación y mantenimiento de las siguientes características e infraestructura:

- **Capacidad a instalar:** 209,34 MWp – 160 MWac
- **Módulos ó Paneles Solares:** 387.688 unidades cuya capacidad es de 540 Wp para cada módulo, instalados en un área de 254 ha.
- **Estructura, seguidores y sistema de anclaje:** Los paneles estarán soportados por mesas de estructura metálica que permite el crecimiento natural de arbustos de baja altura, y se instalarán seguidores que permitan optimizar el ángulo para la llegada de los rayos solares al módulo y generar más electricidad.

- **Estaciones de Media Tensión:** Subestaciones internas con Inversores Centrales y Transformadores de media tensión del parque fotovoltaico, donde los primeros se encargan de recoger la energía eléctrica generada por los paneles y transformarla de DC en AC, los segundos transforman la energía AC de los inversores a una tensión media de 34,5 kV.
- **Bodega de Operación y Mantenimiento:** edificio donde se agrupan todos los equipos para llevar a cabo las tareas de vigilancia, operativas, de control y seguridad de todo el parque.
- **Subestación Elevadora:** Recolecta toda la energía producida en el Parque Solar y mediante transformadores elevan la tensión de 34,5 kV a 230 kV.
- **Línea de conexión 230 kV:** Línea de 13,1 km encargada de transmitir la energía generada en la planta fotovoltaica, hasta la Subestación Mirolindo (Ibagué, vereda Alto Combeima) con una tensión de 230 kV.
- **Bahía de Conexión 230kV:** El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La recibió concepto favorable de la UPME para la conexión a la subestación Mirolindo a 230kV (vereda Alto Combeima, municipio de Ibagué, Departamento de Tolima), a través de los Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020 y cuenta con contrato de conexión vigente n° 4010165 de febrero de 2021 (ANEXO C.1). En este sentido, se hará una adecuación en la Subestación Mirolindo de Ibagué con los equipos, estructuras e infraestructura necesaria para la conexión de la energía generado en el parque con el STN en la Subestación Mirolindo 230kV.
- **Construcción de vías:** Se fundamenta en la construcción de vías de acceso de hasta 19,395 km dentro de la planta fotovoltaica para acceder a los paneles.

Debido a la posibilidad de licenciamiento conjunto validada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) mediante el Radicado 2021095232-2-000 del 13 de mayo de 2021 (ANEXO B.1 y C.1), la descripción del Proyecto se presenta siguiendo los lineamientos de los siguientes instrumentos reglamentarios:

- Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA en Proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR-015, adoptados mediante la Resolución 1670 del 15 de agosto de 2017.
- Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17, adoptados mediante la Resolución 0075 del 18 de enero de 2018
- Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 (MADS<sup>2</sup>, 2018).
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, adoptado mediante la Resolución 9 0708 del 30 de agosto de 2013 y las Normas Técnicas Colombianas NTC 1736 de 2005, NTC 2775 y NTC 5513 de 2007.

### 3.1 Localización

---

El Parque Fotovoltaico Shangri-La y su Línea de Transmisión 230kV, se encuentra en territorios urbanos<sup>3</sup> y rurales de los municipios Ibagué y Piedras, Departamento de Tolima, tal como se detalla en la Tabla 3-1 y Figura 3.1.

---

<sup>2</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018. 228 p.

<sup>3</sup> El trazado urbano de la línea de transmisión fue aprobado por la ANI y la Concesionaria San Rafael para la Línea de Transmisión Shangri-La (ANEXO B.1), y estará ubicado sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael, que garantiza el menor impacto sobre la infraestructura urbana de Ibagué y mayor viabilidad desde el punto de vista social, urbanístico y operativo.

**Tabla 3-1 Localización Político-Administrativa de las obras y actividades principales del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La** (intercepción o proximidad con unidades territoriales del área de influencia).

MUNICIPIO	UNIDAD TERRITORIAL MENOR	PARQUE SOLAR	LÍNEA DE TRANSMISIÓN	VÍAS EXISTENTES DE ACCESO AL PARQUE SOLAR
<b>Piedras (Tolima)</b>	Vereda Estación Doima	X		X
<b>Ibagué (Tolima)</b>	Vereda Picaleña (sector rural)	X	X	X
	Vereda Aparco		X	
	Vereda Alto Combeima		X	
	Vereda Buenos Aires			X
	Barrio Picaleña		X	X
	Zonas adyacentes comuna 9		X	
	Conjunto Madeira Campestre			X

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

ACLARACIÓN: Si bien el área de influencia del proyecto contempla otras unidades territoriales descritas en el Capítulo 4 del presente EIA, en esta tabla se reportan aquellas que están en interacción directa o con proximidad a las obras o infraestructura del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.



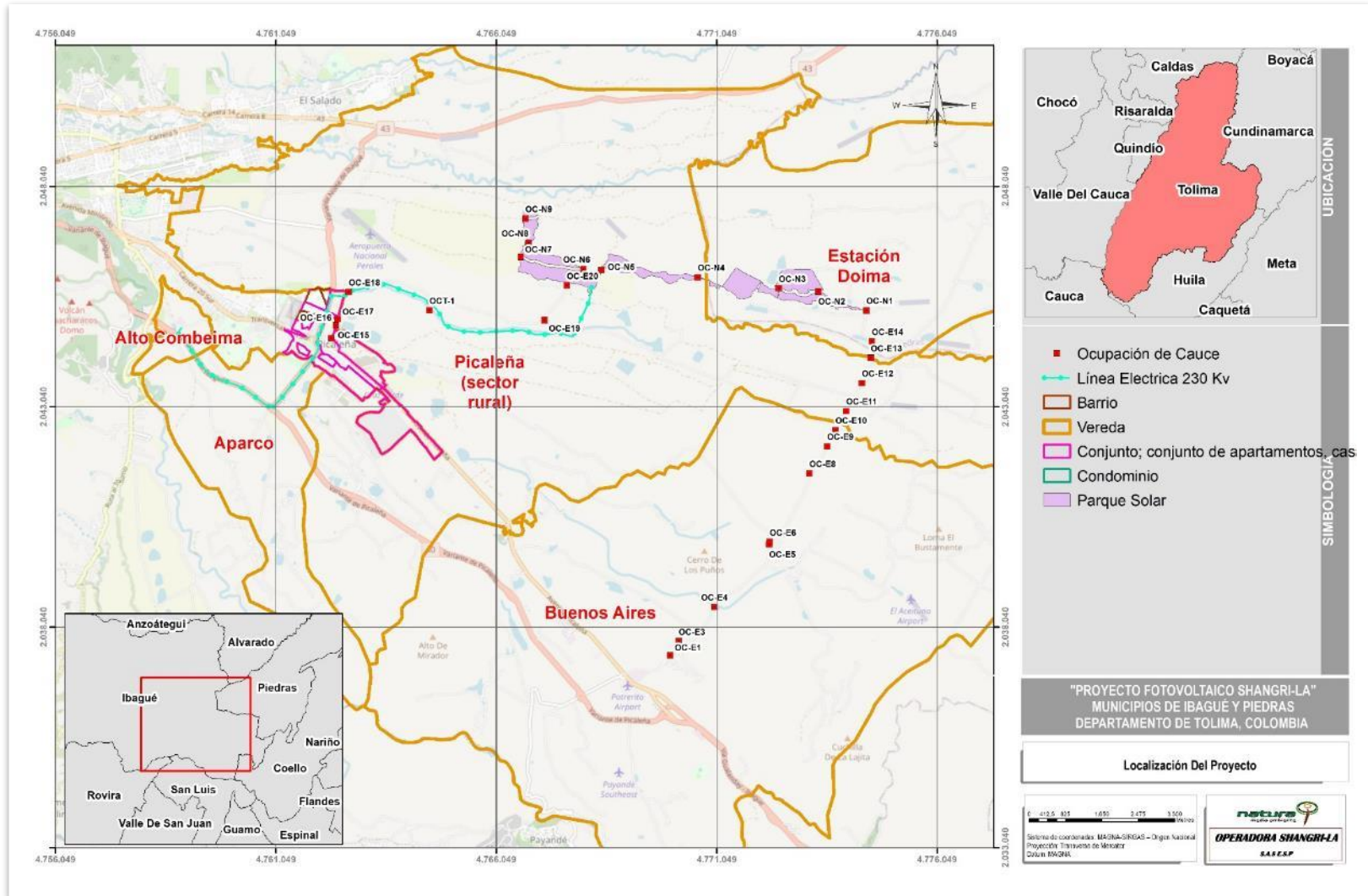


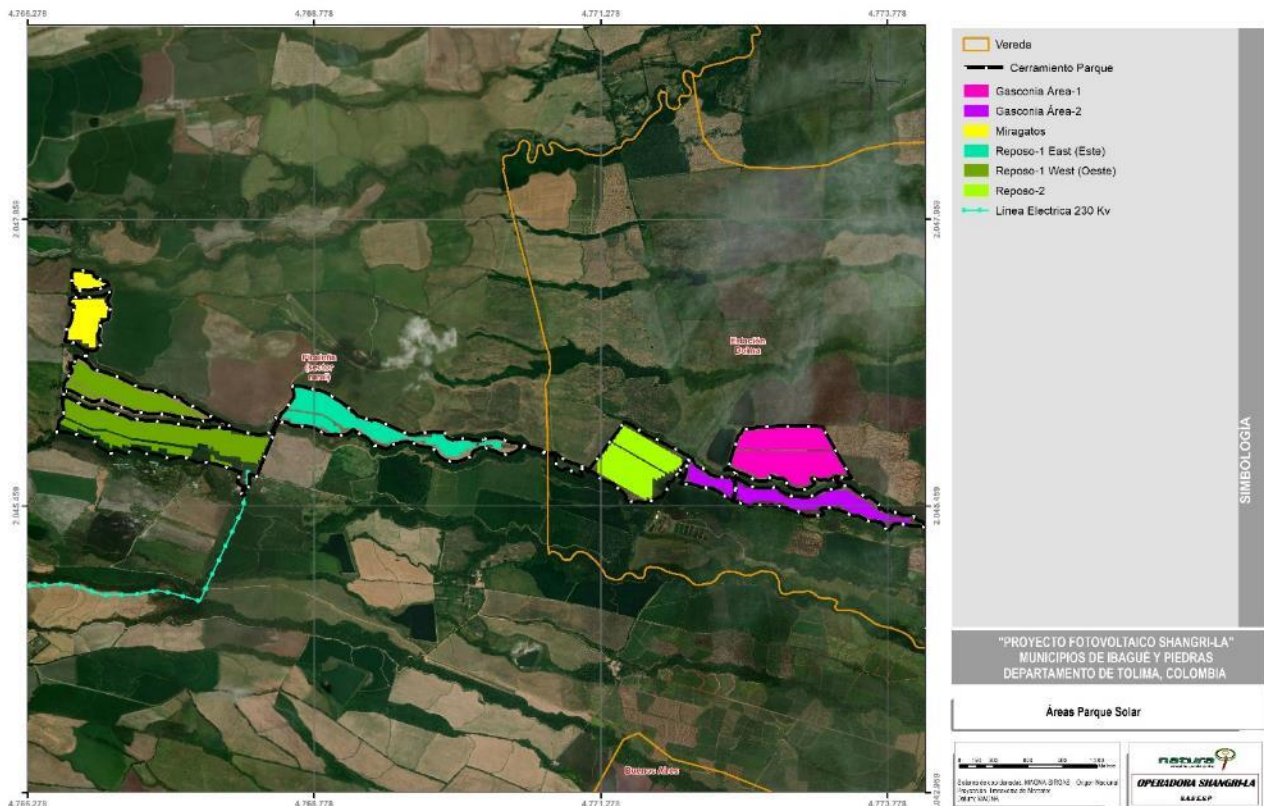
Figura 3.1 Localización General del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

El área objeto de solicitud de licenciamiento para el desarrollo del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La es de 294,14 ha, que comprende el Parque Solar, la Línea de Transmisión y demás áreas temporales y permanentes relacionadas con las actividades del Proyecto, como son los accesos nuevos temporales, áreas de adecuación de vías existentes (i.e. en puntos de ocupación de cauce), áreas de trabajo, plazas de tendido, entre otros.

### 3.1.1 Localización del Parque Solar

El Parque Solar ocupa un área de 254,01 ha, dentro de la cual se desarrollarán todas las actividades relacionadas con la generación de energía. El Parque Solar se encuentra localizado en territorios de la Vereda Picalaña Sector Rural del Municipio Ibagué y en la Vereda Estación Doima del municipio Piedras, Departamento Tolima; tal como se puede observar en la Figura 3.2, y dentro de los vértices cuyas coordenadas se presentan a continuación en la Tabla 3.3, lo cual corresponde al cerramiento del parque.



**Figura 3.2 Localización del Parque Solar del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Como se puede evidencia en la Figura 3.2, el Parque Solar está compuesto por 6 Áreas, las cuales se precisan en la Tabla 3.2 con las áreas que ocupa cada una; así como veredas y municipio donde se localizan.

Tabla 3.2. Áreas que componen el Parque Solar Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.

ÁREAS DEL PARQUE	ÁREA (HA)	UNIDAD TERRITORIAL	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
Miragatos	17,58	Picaleña	Ibagué	TOLIMA
Reposo-1 West	83,71			
Reposo-1 East	39,17			
Gasconia Área-1	42,09	Estación Doima	Piedras	
Reposo-2	37,09			
Gasconia Área-2	34,36			
<b>TOTAL</b>	254,01			

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Tabla 3.3 Coordenadas del cerramiento del Parque Solar del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
1	4770255,4	2046038,51	724	4766598,89	2046476,35
2	4770281,42	2046046,88	725	4766588,96	2046478,43
3	4770308,81	2046053,69	726	4766591,55	2046493,31
4	4770331,01	2046052,34	727	4766595,90	2046517,24
5	4770340,28	2046052,76	728	4766598,02	2046536,70
6	4770359,23	2046057,02	729	4766612,59	2046554,93
7	4770379,75	2046056,87	730	4766627,87	2046571,30
8	4770404,62	2046049,27	731	4766637,48	2046594,34
9	4770425,03	2046040,39	732	4766646,39	2046608,43
10	4770456,32	2046025,66	733	4766652,54	2046614,19
11	4770470,00	2046019,45	734	4766658,35	2046622,62
12	4770482,91	2046015,42	735	4766665,09	2046632,34
13	4770504,46	2046012,18	736	4766667,59	2046640,32
14	4770533,23	2046008,96	737	4766663,41	2046650,97
15	4770556,59	2046007,97	738	4766645,10	2046661,17
16	4770573,33	2045992,82	739	4766650,04	2046672,24
17	4770579,27	2045989,47	740	4766647,48	2046688,53
18	4770638,02	2045983,33	741	4766650,44	2046700,99
19	4770699,79	2045966,81	742	4766661,54	2046701,42
20	4770740,84	2045956,74	743	4766679,75	2046700,60
21	4770759,90	2045946,38	744	4766686,74	2046705,75

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
22	4770775,16	2045938,6	745	4766690,76	2046715,23
23	4770812,26	2045919,14	746	4766694,10	2046727,72
24	4770861,25	2045919,42	747	4766696,07	2046741,35
25	4770886,09	2045919,93	748	4766690,79	2046759,45
26	4770922,28	2045888,08	749	4766687,79	2046766,81
27	4770970,70	2045853,36	750	4766701,82	2046770,83
28	4771009,96	2045841,36	751	4766718,31	2046758,99
29	4771075,25	2045819,97	752	4766735,75	2046751,92
30	4771174,22	2045775,99	753	4766748,58	2046749,17
31	4771232,97	2045853,36	754	4766757,18	2046740,61
32	4771312,89	2045961,49	755	4766765,33	2046734,82
33	4771371,30	2046040,94	756	4766768,45	2046732,56
34	4771477,68	2046186,39	757	4766772,39	2046739,21
35	4771508,99	2046184,01	758	4766787,27	2046820,62
36	4771547,18	2046164,66	759	4766778,09	2046823,50
37	4771591,26	2046131,08	760	4766770,89	2046825,83
38	4771614,45	2046118,74	761	4766765,49	2046827,99
39	4771634,45	2046102,61	762	4766756,78	2046831,91
40	4771658,84	2046089,53	763	4766750,38	2046836,83
41	4771672,48	2046080,19	764	4766741,78	2046841,78
42	4771688,86	2046071,33	765	4766733,43	2046848,51
43	4771703,97	2046065,89	766	4766728,76	2046853,29
44	4771723,96	2046055,47	767	4766725,06	2046856,92
45	4771743,34	2046044,80	768	4766719,45	2046861,51
46	4771759,29	2046038,69	769	4766713,44	2046865,37
47	4771783,67	2046031,91	770	4766694,04	2046875,94
48	4771815,78	2046010,62	771	4766679,15	2046880,67
49	4771848,48	2045994,74	772	4766668,44	2046884,08
50	4771886,22	2045970,35	773	4766658,09	2046886,99
51	4771900,82	2045965,96	774	4766650,14	2046889,20
52	4771920,39	2045962,06	775	4766643,80	2046890,89
53	4771936,61	2045951,01	776	4766640,13	2046892,50
54	4771957,17	2045942,59	777	4766634,54	2046895,39
55	4771971,82	2045930,86	778	4766625,59	2046894,33
56	4771999,51	2045915,66	779	4766619,77	2046894,29
57	4772015,93	2045909,28	780	4766603,85	2046894,20
58	4772031,10	2045904,21	781	4766603,05	2046905,27
59	4772037,81	2045899,12	782	4766607,24	2046907,06
60	4772043,37	2045890,24	783	4766608,74	2046908,61
61	4772056,46	2045884,27	784	4766608,89	2046911,05
62	4772040,94	2045866,89	785	4766609,06	2046916,23
63	4772038,91	2045864,59	786	4766609,99	2046926,55
64	4772053,64	2045852,77	787	4766612,98	2046931,38
65	4772061,03	2045861,39	788	4766615,60	2046936,69
66	4772069,09	2045870,49	789	4766618,50	2046940,36
67	4772073,27	2045871,11	790	4766618,81	2046946,36
68	4772077,22	2045871,07	791	4766618,76	2046960,99
69	4772080,44	2045870,57	792	4766619,01	2046985,71

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
70	4772080,86	2045869,00	793	4766618,79	2046994,17
71	4772084,89	2045849,50	794	4766619,31	2047005,67
72	4772097,47	2045826,88	795	4766622,65	2047010,22
73	4772111,55	2045810,19	796	4766627,04	2047017,52
74	4772132,66	2045796,04	797	4766634,01	2047025,26
75	4772151,98	2045787,52	798	4766641,39	2047033,24
76	4772173,26	2045784,64	799	4766644,87	2047040,13
77	4772178,98	2045780,78	800	4766647,31	2047048,95
78	4772193,47	2045767,05	801	4766652,81	2047059,01
79	4772206,15	2045758,73	802	4766659,54	2047078,62
80	4772216,51	2045746,25	803	4766661,78	2047091,16
81	4772230,81	2045733,82	804	4766665,35	2047101,18
82	4772245,54	2045727,73	805	4766668,15	2047124,60
83	4772255,16	2045725,12	806	4766670,24	2047139,37
84	4772259,54	2045723,97	807	4766673,14	2047150,22
85	4772266,97	2045722,23	808	4766677,18	2047168,05
86	4772275,58	2045719,63	809	4766682,74	2047189,32
87	4772285,09	2045718,02	810	4766683,14	2047195,70
88	4772295,84	2045717,63	811	4766682,26	2047198,03
89	4772309,69	2045715,62	812	4766682,11	2047198,73
90	4772322,08	2045713,02	813	4766681,46	2047201,33
91	4772356,33	2045710,17	814	4766680,62	2047204,44
92	4772367,46	2045708,81	815	4766679,01	2047206,62
93	4772388,32	2045710,51	816	4766674,61	2047208,10
94	4772406,90	2045710,86	817	4766673,55	2047209,09
95	4772416,08	2045704,42	818	4766669,53	2047210,09
96	4772445,02	2045695,48	819	4766666,42	2047211,58
97	4772448,30	2045695,59	820	4766655,83	2047215,89
98	4772455,54	2045695,95	821	4766650,11	2047217,69
99	4772460,11	2045701,62	822	4766646,20	2047220,01
100	4772459,76	2045709,42	823	4766641,10	2047224,35
101	4772442,37	2045755,10	824	4766645,84	2047242,07
102	4772436,57	2045769,37	825	4766647,28	2047253,38
103	4772435,44	2045770,89	826	4766652,58	2047270,60
104	4772431,09	2045772,62	827	4766660,20	2047272,75
105	4772426,04	2045773,92	828	4766674,76	2047278,55
106	4772365,82	2045772,52	829	4766692,19	2047277,26
107	4772352,12	2045774,09	830	4766703,21	2047277,89
108	4772368,72	2045786,46	831	4766704,22	2047337,91
109	4772380,48	2045794,29	832	4766688,02	2047338,93
110	4772387,98	2045800,44	833	4766676,90	2047340,25
111	4772392,15	2045806,96	834	4766671,09	2047341,03
112	4772409,34	2045861,07	835	4766670,90	2047343,55
113	4772418,14	2045890,19	836	4766672,30	2047351,94
114	4772427,78	2045922,29	837	4766672,36	2047362,35
115	4772441,86	2045967,65	838	4766672,99	2047372,40
116	4772454,93	2046009,93	839	4766672,21	2047379,94
117	4772472,72	2046066,86	840	4766670,49	2047392,66

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
118	4772481,18	2046073,78	841	4766668,09	2047403,19
119	4772492,57	2046084,21	842	4766666,32	2047410,59
120	4772500,41	2046092,51	843	4766664,76	2047420,25
121	4772510,01	2046109,02	844	4766664,00	2047440,93
122	4772514,47	2046119,41	845	4766663,30	2047466,32
123	4772517,31	2046130,16	846	4766662,59	2047483,62
124	4772527,28	2046130,36	847	4766662,73	2047493,04
125	4772537,49	2046130,32	848	4766670,75	2047507,15
126	4772568,64	2046130,86	849	4766673,30	2047511,56
127	4772606,14	2046132,14	850	4766675,43	2047515,34
128	4772614,25	2046135,05	851	4766677,21	2047517,51
129	4772628,60	2046140,67	852	4766679,68	2047518,88
130	4772638,71	2046148,33	853	4766691,73	2047515,00
131	4772768,58	2046152,19	854	4766705,36	2047515,55
132	4772808,23	2046153,37	855	4766718,74	2047515,01
133	4773053,68	2046153,32	856	4766730,95	2047513,95
134	4773168,00	2046153,86	857	4766747,38	2047513,63
135	4773211,81	2046151,97	858	4766762,42	2047512,21
136	4773239,60	2046094,53	859	4766778,16	2047510,01
137	4773262,09	2046055,58	860	4766794,26	2047507,49
138	4773296,17	2045994,03	861	4766807,55	2047502,49
139	4773319,30	2045954,09	862	4766833,71	2047498,80
140	4773347,42	2045905,66	863	4766847,22	2047491,64
141	4773374,86	2045857,12	864	4766853,58	2047477,74
142	4773402,03	2045811,91	865	4766859,77	2047462,72
143	4773417,72	2045786,42	866	4766863,41	2047455,87
144	4773436,19	2045749,04	867	4766899,40	2047443,16
145	4773440,34	2045740,28	868	4766920,06	2047431,32
146	4773453,24	2045718,02	869	4766937,01	2047421,37
147	4773463,25	2045704,17	870	4766944,25	2047417,03
148	4773454,82	2045698,46	871	4766959,06	2047418,99
149	4773449,77	2045695,41	872	4766967,99	2047414,81
150	4773421,64	2045696,12	873	4766974,82	2047408,45
151	4773406,88	2045695,99	874	4766975,12	2047408,07
152	4773395,92	2045701,47	875	4766975,20	2047408,00
153	4773391,10	2045704,74	876	4766979,07	2047401,42
154	4773377,59	2045710,90	877	4766981,33	2047397,65
155	4773366,27	2045713,52	878	4766983,48	2047393,82
156	4773343,57	2045715,85	879	4766988,80	2047384,96
157	4773320,49	2045713,51	880	4766977,05	2047382,18
158	4773318,79	2045710,16	881	4766967,79	2047378,70
159	4773317,47	2045705,99	882	4766953,87	2047373,04
160	4773318,25	2045702,91	883	4766946,27	2047370,00
161	4773325,18	2045695,30	884	4766939,58	2047365,90
162	4773355,79	2045668,77	885	4766933,65	2047361,39
163	4773389,13	2045641,33	886	4766920,48	2047355,15
164	4773394,36	2045638,10	887	4766900,64	2047349,54
165	4773398,18	2045635,75	888	4766891,87	2047348,30

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
166	4773401,97	2045634,63	889	4766873,18	2047348,53
167	4773432,12	2045633,45	890	4766865,00	2047347,78
168	4773450,68	2045630,31	891	4766859,59	2047347,69
169	4773464,49	2045622,54	892	4766850,06	2047347,69
170	4773486,55	2045603,90	893	4766842,89	2047347,07
171	4773503,84	2045589,01	894	4766833,80	2047344,56
172	4773528,22	2045570,39	895	4766827,23	2047342,91
173	4773545,40	2045561,77	896	4766819,63	2047340,32
174	4773560,78	2045554,58	897	4766814,00	2047338,68
175	4773574,41	2045540,12	898	4766801,97	2047339,29
176	4773589,42	2045534,55	899	4766792,76	2047341,46
177	4773602,18	2045535,33	900	4766781,36	2047343,13
178	4773621,70	2045537,44	901	4766768,20	2047343,02
179	4773638,11	2045528,01	902	4766760,26	2047341,83
180	4773659,09	2045509,15	903	4766745,32	2047338,33
181	4773678,94	2045491,86	904	4766739,82	2047337,33
182	4773703,41	2045473,34	905	4766729,96	2047337,18
183	4773706,19	2045460,57	906	4766717,19	2047337,47
184	4773707,67	2045436,19	907	4766716,05	2047277,21
185	4773710,01	2045434,01	908	4766717,99	2047276,88
186	4773731,52	2045438,29	909	4766738,21	2047275,99
187	4773740,69	2045427,36	910	4766752,54	2047276,68
188	4773751,84	2045418,95	911	4766777,15	2047282,27
189	4773762,66	2045409,64	912	4766793,36	2047277,86
190	4773780,29	2045412,01	913	4766821,72	2047277,78
191	4773795,30	2045415,39	914	4766838,37	2047281,99
192	4773818,78	2045404,80	915	4766852,30	2047285,89
193	4773847,20	2045403,25	916	4766872,03	2047286,84
194	4773878,35	2045392,36	917	4766899,60	2047287,90
195	4773901,89	2045382,67	918	4766921,43	2047291,00
196	4773927,99	2045375,44	919	4766952,16	2047301,86
197	4773948,47	2045374,50	920	4766974,87	2047315,76
198	4773971,42	2045376,26	921	4766994,02	2047323,62
199	4774005,07	2045383,32	922	4767004,93	2047325,58
200	4774010,12	2045367,13	923	4766998,91	2047308,51
201	4774020,16	2045354,28	924	4766971,43	2047244,83
202	4774031,53	2045343,15	925	4766974,30	2047237,78
203	4774044,48	2045333,42	926	4766980,44	2047225,86
204	4774059,18	2045325,10	927	4766988,23	2047208,37
205	4774076,89	2045323,13	928	4766999,65	2047194,38
206	4774086,95	2045321,26	929	4766978,88	2047085,39
207	4774099,30	2045304,46	930	4766952,75	2047077,17
208	4774110,02	2045300,91	931	4766922,91	2047063,84
209	4774119,85	2045300,89	932	4766916,65	2047045,03
210	4774132,25	2045304,49	933	4766911,23	2047022,14
211	4774140,12	2045309,02	934	4766904,65	2046997,57
212	4774151,22	2045308,67	935	4766901,02	2046980,40
213	4774168,38	2045303,94	936	4766898,61	2046973,61

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
214	4774187,59	2045299,36	937	4766894,17	2046964,60
215	4774202,72	2045303,18	938	4766892,55	2046957,26
216	4774217,42	2045302,29	939	4766890,26	2046948,52
217	4774239,84	2045302,79	940	4766889,36	2046939,75
218	4774261,28	2045289,47	941	4766891,63	2046933,74
219	4774279,44	2045273,50	942	4766894,48	2046927,08
220	4774298,05	2045260,99	943	4766897,80	2046918,71
221	4774304,19	2045257,22	944	4766902,68	2046908,44
222	4774367,36	2045246,70	945	4766909,87	2046895,15
223	4774460,56	2045230,61	946	4766916,15	2046878,79
224	4774454,99	2045218,69	947	4766911,25	2046861,45
225	4774370,96	2045232,47	948	4766900,89	2046846,48
226	4774298,01	2045244,00	949	4766886,83	2046830,57
227	4774235,82	2045254,02	950	4766875,53	2046819,31
228	4774199,72	2045259,49	951	4766856,05	2046809,31
229	4774191,73	2045244,59	952	4766800,50	2046817,68
230	4774161,11	2045233,34	953	4766790,76	2046762,75
231	4774134,30	2045231,12	954	4766783,66	2046722,63
232	4774114,37	2045240,81	955	4766816,67	2046701,73
233	4774100,65	2045255,49	956	4766825,03	2046689,43
234	4774099,29	2045264,08	957	4766835,06	2046667,71
235	4774094,25	2045272,86	958	4766848,95	2046658,08
236	4774078,42	2045278,90	959	4766864,67	2046650,31
237	4774052,01	2045282,92	960	4766879,33	2046643,69
238	4774034,31	2045282,82	961	4766897,49	2046638,54
239	4774013,24	2045283,75	962	4766930,72	2046629,92
240	4773990,28	2045288,84	963	4766964,58	2046620,48
241	4773957,09	2045292,60	964	4766977,02	2046616,20
242	4773918,34	2045297,29	965	4766997,14	2046610,03
243	4773894,02	2045300,48	966	4767010,38	2046607,82
244	4773854,56	2045304,64	967	4767024,19	2046603,26
245	4773838,76	2045299,27	968	4767044,68	2046594,40
246	4773816,36	2045286,46	969	4767067,87	2046583,51
247	4773805,12	2045261,79	970	4767086,83	2046576,99
248	4773796,28	2045252,76	971	4767104,76	2046565,66
249	4773785,33	2045248,86	972	4767131,32	2046552,12
250	4773773,48	2045249,80	973	4767142,78	2046547,12
251	4773764,38	2045256,77	974	4767161,43	2046539,72
252	4773755,07	2045265,46	975	4767169,43	2046534,62
253	4773743,33	2045293,63	976	4767179,31	2046531,27
254	4773728,70	2045308,45	977	4767191,72	2046524,01
255	4773720,38	2045315,86	978	4767208,64	2046514,57
256	4773703,25	2045318,22	979	4767222,65	2046505,57
257	4773672,60	2045327,73	980	4767239,42	2046500,36
258	4773657,25	2045326,15	981	4767261,73	2046490,32
259	4773634,19	2045322,64	982	4767284,16	2046483,55
260	4773608,86	2045325,88	983	4767294,98	2046481,52
261	4773591,07	2045336,64	984	4767313,64	2046479,08



Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
262	4773563,16	2045356,04	985	4767324,28	2046480,13
263	4773546,46	2045362,12	986	4767336,08	2046478,40
264	4773534,93	2045367,29	987	4767355,62	2046473,49
265	4773522,17	2045369,13	988	4767374,72	2046467,26
266	4773502,42	2045370,70	989	4767390,64	2046463,33
267	4773484,05	2045372,25	990	4767399,54	2046462,10
268	4773454,91	2045382,60	991	4767408,19	2046461,33
269	4773425,45	2045392,04	992	4767416,23	2046460,20
270	4773408,15	2045400,54	993	4767425,38	2046460,80
271	4773393,13	2045409,74	994	4767435,22	2046460,24
272	4773376,89	2045415,11	995	4767444,40	2046459,97
273	4773356,55	2045422,72	996	4767456,50	2046457,37
274	4773348,04	2045424,25	997	4767467,14	2046454,77
275	4773330,98	2045423,69	998	4767477,06	2046450,71
276	4773316,41	2045429,77	999	4767491,37	2046438,06
277	4773301,84	2045435,85	1000	4767498,42	2046432,38
278	4773294,26	2045441,00	1001	4767510,96	2046426,98
279	4773259,92	2045441,70	1002	4767522,02	2046420,44
280	4773231,66	2045443,59	1003	4767531,56	2046416,68
281	4773211,29	2045441,53	1004	4767545,43	2046413,80
282	4773202,77	2045438,84	1005	4767560,94	2046410,51
283	4773195,75	2045426,48	1006	4767574,01	2046411,08
284	4773210,63	2045412,74	1007	4767579,25	2046409,27
285	4773219,41	2045393,66	1008	4767587,67	2046409,06
286	4773215,6	2045381,74	1009	4767603,39	2046404,76
287	4773195,77	2045378,78	1010	4767618,21	2046395,68
288	4773181,17	2045376,10	1011	4767623,00	2046383,59
289	4773153,51	2045372,86	1012	4767641,66	2046366,62
290	4773114,98	2045368,53	1013	4767649,71	2046364,84
291	4773077,38	2045367,43	1014	4767659,74	2046358,91
292	4773062,56	2045374,43	1015	4767667,88	2046352,14
293	4773038,65	2045388,47	1016	4767682,32	2046343,29
294	4773013,35	2045402,96	1017	4767699,90	2046334,63
295	4772994,37	2045414,95	1018	4767714,90	2046328,71
296	4772980,11	2045412,74	1019	4767720,06	2046327,53
297	4772960,91	2045413,21	1020	4767733,81	2046324,30
298	4772940,19	2045422,21	1021	4767746,21	2046317,77
299	4772922,54	2045430,01	1022	4767761,24	2046312,10
300	4772904,81	2045434,27	1023	4767778,88	2046302,68
301	4772893,63	2045445,42	1024	4767795,59	2046289,03
302	4772869,64	2045452,13	1025	4767810,63	2046279,72
303	4772846,56	2045458,23	1026	4767827,28	2046268,14
304	4772829,49	2045464,26	1027	4767843,09	2046256,97
305	4772818,30	2045460,76	1028	4767882,11	2046241,04
306	4772802,47	2045450,80	1029	4767907,90	2046231,12
307	4772793,97	2045452,64	1030	4767945,37	2046212,27
308	4772776,66	2045463,90	1031	4768020,83	2046176,48
309	4772768,04	2045468,97	1032	4768058,28	2046137,88

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
310	4772758,90	2045467,99	1033	4768064,35	2046131,32
311	4772751,80	2045462,40	1034	4768083,10	2046125,13
312	4772727,26	2045458,25	1035	4768098,46	2046119,96
313	4772694,46	2045464,98	1036	4768111,39	2046116,76
314	4772675,00	2045462,32	1037	4768127,26	2046112,78
315	4772652,54	2045473,25	1038	4768156,19	2046105,10
316	4772640,69	2045474,49	1039	4768176,24	2046100,13
317	4772630,90	2045473,63	1040	4768208,05	2046093,42
318	4772619,59	2045468,14	1041	4768245,88	2046087,67
319	4772591,67	2045454,15	1042	4768288,71	2046081,77
320	4772565,93	2045455,31	1043	4768319,18	2046081,16
321	4772541,43	2045463,97	1044	4768343,87	2046087,07
322	4772529,15	2045468,47	1045	4768388,58	2046098,97
323	4772517,72	2045475,24	1046	4768392,05	2046100,44
324	4772485,03	2045487,55	1047	4768400,00	2046106,26
325	4772457,03	2045497,32	1048	4768409,22	2046113,67
326	4772434,73	2045498,44	1049	4768457,62	2046207,02
327	4772436,67	2045504,62	1050	4768437,51	2046227,62
328	4772459,35	2045599,24	1051	4768439,88	2046230,97
329	4772456,54	2045624,24	1052	4768447,78	2046223,08
330	4772452,56	2045651,34	1053	4768460,58	2046210,29
331	4772449,68	2045672,74	1054	4768471,77	2046225,15
332	4772443,79	2045682,11	1055	4768478,99	2046239,30
333	4772430,03	2045686,04	1056	4768494,83	2046270,35
334	4772426,95	2045686,98	1057	4768519,03	2046288,18
335	4772427,97	2045685,73	1058	4768547,61	2046331,83
336	4772432,77	2045679,92	1059	4768555,96	2046341,59
337	4772437,71	2045673,40	1060	4768583,38	2046379,52
338	4772440,77	2045669,82	1061	4768598,17	2046400,18
339	4772449,00	2045600,57	1062	4768599,00	2046407,69
340	4772438,58	2045554,80	1063	4768601,60	2046431,27
341	4772432,97	2045529,68	1064	4768599,80	2046440,40
342	4772425,77	2045499,87	1065	4768595,39	2046462,73
343	4772414,82	2045508,07	1066	4768587,67	2046497,69
344	4772405,29	2045513,66	1067	4768592,73	2046511,34
345	4772358,19	2045545,39	1068	4768608,20	2046509,10
346	4772316,36	2045576,84	1069	4768624,70	2046507,36
347	4772296,91	2045588,48	1070	4768641,22	2046505,62
348	4772243,61	2045612,08	1071	4768657,93	2046503,86
349	4772175,50	2045618,12	1072	4768728,45	2046484,39
350	4772155,89	2045622,12	1073	4768795,30	2046472,50
351	4772108,34	2045638,07	1074	4768825,35	2046466,72
352	4772073,47	2045649,19	1075	4768855,62	2046459,40
353	4772036,16	2045648,75	1076	4768894,99	2046439,03
354	4771970,99	2045648,95	1077	4768921,63	2046421,46
355	4771998,91	2045698,04	1078	4768946,81	2046404,85
356	4771977,51	2045712,02	1079	4768974,52	2046386,57
357	4771959,92	2045723,52	1080	4768985,41	2046380,27

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
358	4771948,68	2045730,86	1081	4769009,40	2046366,38
359	4771944,44	2045738,42	1082	4769044,70	2046339,74
360	4771929,31	2045715,91	1083	4769061,81	2046326,83
361	4771912,24	2045690,27	1084	4769083,53	2046310,45
362	4771903,19	2045676,68	1085	4769104,31	2046294,77
363	4771899,37	2045670,95	1086	4769118,35	2046281,17
364	4771888,89	2045667,91	1087	4769142,20	2046258,07
365	4771874,10	2045669,04	1088	4769159,16	2046241,65
366	4771865,43	2045666,29	1089	4769196,69	2046229,30
367	4771857,50	2045653,93	1090	4769250,45	2046211,55
368	4771857,95	2045640,08	1091	4769275,15	2046203,43
369	4771869,15	2045628,93	1092	4769302,38	2046209,45
370	4771857,36	2045609,84	1093	4769309,75	2046208,08
371	4771840,76	2045585,05	1094	4769333,14	2046203,85
372	4771827,87	2045563,55	1095	4769339,42	2046202,59
373	4771812,36	2045540,52	1096	4769370,51	2046188,01
374	4771808,43	2045534,15	1097	4769388,75	2046179,46
375	4771799,39	2045539,81	1098	4769486,54	2046133,89
376	4771770,99	2045528,69	1099	4769526,47	2046116,79
377	4771716,18	2045503,85	1100	4769565,25	2046099,71
378	4771691,65	2045495,62	1101	4769610,34	2046080,18
379	4771652,89	2045484,86	1102	4769639,65	2046077,45
380	4771636,50	2045494,79	1103	4769657,71	2046075,76
381	4771620,24	2045496,92	1104	4769664,79	2046081,14
382	4771596,92	2045499,28	1105	4769670,13	2046085,19
383	4771570,37	2045491,16	1106	4769696,78	2046092,10
384	4771499,47	2045508,82	1107	4769743,66	2046097,65
385	4771493,88	2045550,40	1108	4769778,81	2046102,05
386	4771478,03	2045568,12	1109	4769800,58	2046104,88
387	4771449,54	2045594,19	1110	4769819,51	2046104,93
388	4771426,15	2045612,48	1111	4769843,56	2046104,31
389	4771400,53	2045634,67	1112	4769904,49	2046103,84
390	4771377,14	2045656,30	1113	4769917,27	2046094,79
391	4771346,18	2045669,25	1114	4769920,93	2046090,22
392	4771314,31	2045676,68	1115	4769923,08	2046087,27
393	4771287,61	2045685,73	1116	4769923,86	2046085,27
394	4771266,98	2045700,55	1117	4769924,77	2046073,04
395	4771250,32	2045718,60	1118	4769934,54	2046057,52
396	4771238,21	2045732,42	1119	4769954,13	2046047,61
397	4771224,09	2045746,42	1120	4769973,83	2046036,75
398	4771204,41	2045756,23	1121	4769982,56	2046036,30
399	4771175,35	2045758,48	1122	4769993,98	2046036,97
400	4771146,62	2045769,52	1123	4770010,82	2046038,28
401	4771112,53	2045782,87	1124	4770039,58	2046040,38
402	4771099,02	2045759,98	1125	4770074,21	2046043,93
403	4771109,17	2045745,49	1126	4770108,08	2046046,18
404	4771113,16	2045717,85	1127	4770129,85	2046040,21
405	4771097,48	2045718,49	1128	4770166,41	2046036,19

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
406	4771061,93	2045734,56	1129	4770184,66	2046034,59
407	4771038,11	2045746,32	1130	4770205,85	2046029,62
408	4771023,46	2045765,05	1131	4770221,53	2046028,46
409	4771007,01	2045778,49	1132	4770237,92	2046030,19
410	4770984,35	2045785,79	1133	4770255,40	2046038,51
411	4770965,57	2045784,18	1134	4766612,15	2046472,46
412	4770952,31	2045772,90	1135	4766608,31	2046407,73
413	4770934,67	2045765,39	1136	4766612,84	2046406,40
414	4770885,33	2045800,46	1137	4766618,67	2046406,11
415	4770882,65	2045885,04	1138	4766626,75	2046407,61
416	4770863,41	2045906,75	1139	4766644,66	2046400,05
417	4770807,2	2045906,44	1140	4766661,88	2046390,77
418	4770776,14	2045923,38	1141	4766680,22	2046379,11
419	4770736,54	2045944,79	1142	4766700,50	2046368,83
420	4770696,60	2045953,96	1143	4766716,72	2046361,39
421	4770636,46	2045970,51	1144	4766732,37	2046352,90
422	4770577,07	2045976,83	1145	4766758,33	2046339,65
423	4770572,27	2045970,70	1146	4766772,10	2046329,12
424	4770560,47	2045952,46	1147	4766784,67	2046322,10
425	4770544,03	2045942,27	1148	4766799,02	2046320,17
426	4770505,11	2045922,73	1149	4766806,18	2046317,87
427	4770477,53	2045911,28	1150	4766815,24	2046312,87
428	4770450,15	2045911,87	1151	4766832,39	2046309,49
429	4770411,77	2045913,65	1152	4766846,06	2046309,72
430	4770381,92	2045921,34	1153	4766869,87	2046305,21
431	4770373,16	2045929,50	1154	4766882,29	2046305,28
432	4770363,49	2045935,13	1155	4766899,50	2046310,53
433	4770346,87	2045939,11	1156	4766913,02	2046319,30
434	4770329,06	2045940,13	1157	4766921,45	2046319,50
435	4770291,90	2045960,77	1158	4766933,45	2046314,99
436	4770267,68	2045968,58	1159	4766952,30	2046306,92
437	4770244,94	2045968,64	1160	4766970,08	2046298,91
438	4770229,69	2045964,32	1161	4766983,94	2046292,04
439	4770219,80	2045960,94	1162	4766991,52	2046288,3
440	4770206,24	2045955,52	1163	4767002,71	2046283,41
441	4770192,98	2045949,18	1164	4767017,52	2046280,63
442	4770179,71	2045943,01	1165	4767027,89	2046279,76
443	4770160,79	2045929,27	1166	4767040,44	2046274,49
444	4770155,02	2045899,74	1167	4767052,74	2046265,61
445	4770129,64	2045885,60	1168	4767070,71	2046257,91
446	4770108,53	2045875,35	1169	4767088,14	2046253,81
447	4770062,66	2045859,52	1170	4767105,27	2046251,96
448	4770032,25	2045846,94	1171	4767120,26	2046250,75
449	4770003,17	2045841,22	1172	4767132,04	2046245,54
450	4769971,06	2045843,97	1173	4767141,08	2046241,10
451	4769947,67	2045848,72	1174	4767147,07	2046235,29
452	4769936,03	2045854,72	1175	4767161,11	2046226,67
453	4769910,95	2045862,56	1176	4767178,87	2046218,54

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
454	4769898,84	2045869,68	1177	4767195,84	2046214,48
455	4769875,78	2045884,50	1178	4767212,22	2046215,70
456	4769868,00	2045893,07	1179	4767224,08	2046218,09
457	4769857,99	2045901,36	1180	4767235,62	2046216,58
458	4769850,87	2045912,87	1181	4767247,84	2046211,91
459	4769844,03	2045927,06	1182	4767260,63	2046210,72
460	4769834,93	2045942,36	1183	4767269,15	2046211,85
461	4769825,78	2045950,24	1184	4767295,80	2046205,59
462	4769814,36	2045957,5	1185	4767312,32	2046202,83
463	4769799,55	2045963,98	1186	4767330,54	2046202,57
464	4769770,02	2045971,39	1187	4767345,57	2046204,09
465	4769750,88	2045974,74	1188	4767361,99	2046202,48
466	4769730,82	2045976,61	1189	4767383,51	2046201,06
467	4769715,92	2045977,76	1190	4767401,52	2046200,28
468	4769705,80	2045980,10	1191	4767416,53	2046199,41
469	4769698,38	2045982,15	1192	4767426,33	2046199,49
470	4769685,74	2045986,07	1193	4767445,70	2046195,70
471	4769662,54	2045997,30	1194	4767467,45	2046193,57
472	4769656,57	2045999,26	1195	4767486,70	2046194,03
473	4769648,89	2046004,50	1196	4767493,71	2046193,08
474	4769639,78	2046008,87	1197	4767516,36	2046190,44
475	4769630,47	2046009,05	1198	4767536,05	2046186,07
476	4769616,41	2046012,38	1199	4767563,02	2046181,79
477	4769608,73	2046014,86	1200	4767570,36	2046179,36
478	4769594,56	2046017,50	1201	4767581,47	2046176,50
479	4769581,98	2046018,21	1202	4767596,73	2046173,22
480	4769571,72	2046018,68	1203	4767606,54	2046171,21
481	4769559,84	2046016,85	1204	4767625,26	2046168,77
482	4769545,05	2046014,88	1205	4767641,40	2046165,83
483	4769534,86	2046012,62	1206	4767650,76	2046165,90
484	4769520,3	2046008,62	1207	4767676,16	2046162,73
485	4769496,94	2046002,13	1208	4767701,63	2046159,37
486	4769472,86	2045999,78	1209	4767740,04	2046151,28
487	4769464,87	2045991,92	1210	4767769,79	2046143,25
488	4769453,57	2045984,86	1211	4767805,31	2046138,02
489	4769436,71	2045966,78	1212	4767821,56	2046137,45
490	4769428,24	2045963,83	1213	4767849,37	2046139,36
491	4769399,91	2045959,56	1214	4767878,25	2046143,78
492	4769390,90	2045960,50	1215	4767901,38	2046148,88
493	4769381,06	2045961,90	1216	4767928,10	2046150,17
494	4769371,31	2045962,86	1217	4767954,43	2046144,51
495	4769368,14	2045968,33	1218	4767992,36	2046133,86
496	4769362,90	2045973,11	1219	4768045,63	2046131,20
497	4769346,28	2045975,79	1220	4768022,54	2046155,99
498	4769331,91	2045980,88	1221	4768010,12	2046166,08
499	4769302,43	2045985,57	1222	4767994,70	2046174,68
500	4769293,18	2045992,38	1223	4767920,29	2046210,82
501	4769283,51	2046000,20	1224	4767909,53	2046214,33

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
502	4769281,57	2046007,35	1225	4767858,06	2046203,13
503	4769272,31	2046011,82	1226	4767835,49	2046199,83
504	4769265,79	2046018,30	1227	4767807,69	2046200,72
505	4769255,74	2046032,69	1228	4767776,50	2046207,13
506	4769250,07	2046043,04	1229	4767743,41	2046216,16
507	4769231,15	2046059,73	1230	4767682,89	2046225,14
508	4769202,32	2046073,02	1231	4767630,73	2046230,76
509	4769187,53	2046078,14	1232	4767539,09	2046249,89
510	4769164,51	2046094,35	1233	4767484,85	2046259,14
511	4769154,65	2046102,59	1234	4767444,39	2046261,09
512	4769142,98	2046106,36	1235	4767369,59	2046264,99
513	4769131,40	2046115,20	1236	4767353,02	2046267,21
514	4769119,30	2046124,18	1237	4767320,93	2046265,44
515	4769111,64	2046123,77	1238	4767281,85	2046273,75
516	4769105,11	2046121,22	1239	4767260,19	2046276,61
517	4769099,15	2046115,64	1240	4767228,40	2046280,89
518	4769092,08	2046105,53	1241	4767197,71	2046279,30
519	4769084,90	2046099,58	1242	4767175,07	2046295,30
520	4769075,73	2046092,71	1243	4767153,71	2046306,26
521	4769067,45	2046087,83	1244	4767127,27	2046313,60
522	4769057,60	2046081,20	1245	4767092,49	2046316,50
523	4769042,26	2046077,30	1246	4767065,79	2046332,51
524	4769031,08	2046077,60	1247	4767046,41	2046340,39
525	4769019,55	2046078,45	1248	4767019,97	2046344,38
526	4769008,88	2046079,30	1249	4766988,77	2046359,28
527	4768991,11	2046081,17	1250	4766959,26	2046372,79
528	4768974,24	2046083,95	1251	4766934,30	2046381,94
529	4768955,99	2046083,33	1252	4766907,35	2046382,58
530	4768928,76	2046079,59	1253	4766891,58	2046378,15
531	4768913,00	2046076,81	1254	4766877,49	2046371,48
532	4768902,73	2046078,24	1255	4766871,01	2046368,98
533	4768886,53	2046082,15	1256	4766847,10	2046372,40
534	4768859,88	2046095,12	1257	4766836,40	2046371,87
535	4768837,87	2046106,44	1258	4766822,35	2046379,74
536	4768824,16	2046112,92	1259	4766808,29	2046383,14
537	4768814,92	2046120,48	1260	4766778,79	2046399,99
538	4768802,15	2046125,85	1261	4766753,77	2046413,46
539	4768787,89	2046132,16	1262	4766725,38	2046426,40
540	4768769,98	2046142,46	1263	4766705,71	2046439,04
541	4768746,69	2046151,46	1264	4766683,79	2046450,56
542	4768730,92	2046152,14	1265	4766666,93	2046459,56
543	4768721,20	2046152,7	1266	4766646,13	2046466,89
544	4768705,56	2046153,86	1267	4766631,84	2046470,55
545	4768686,75	2046155,31	1268	4766618,61	2046471,82
546	4768660,61	2046156,74	1269	4766612,15	2046472,46
547	4768641,56	2046156,49	1270	4771977,00	2045786,89
548	4768621,98	2046154,21	1271	4771964,25	2045767,51
549	4768605,39	2046155,35	1272	4771956,24	2045756,35

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
550	4768593,50	2046158,79	1273	4771963,70	2045744,97
551	4768582,27	2046162,94	1274	4771976,43	2045736,48
552	4768568,32	2046167,27	1275	4771988,64	2045728,66
553	4768559,28	2046174,30	1276	4771999,63	2045721,31
554	4768550,39	2046183,28	1277	4772007,16	2045716,56
555	4768539,90	2046188,56	1278	4772016,95	2045740,44
556	4768525,11	2046191,12	1279	4772024,49	2045770,70
557	4768504,89	2046191,14	1280	4772027,14	2045782,07
558	4768488,66	2046191,16	1281	4772025,27	2045798,46
559	4768477,34	2046193,82	1282	4772024,61	2045817,61
560	4768466,11	2046192,73	1283	4772029,32	2045823,57
561	4768445,42	2046154,17	1284	4772040,62	2045837,59
562	4768424,29	2046112,67	1285	4772025,43	2045849,28
563	4768429,84	2046100,47	1286	4772008,10	2045829,32
564	4768422,54	2046080,12	1287	4771994,83	2045814,03
565	4768413,38	2046057,84	1288	4771977,00	2045786,89
566	4768397,10	2046018,20	1289	4772461,06	2045743,57
567	4768382,19	2045981,93	1290	4772481,52	2045687,99
568	4768363,15	2045935,58	1291	4772484,69	2045683,10
569	4768348,92	2045900,95	1292	4772498,97	2045679,78
570	4768336,69	2045871,18	1293	4772513,91	2045674,97
571	4768328,87	2045849,40	1294	4772524,46	2045667,59
572	4768314,44	2045814,68	1295	4772547,15	2045655,79
573	4768302,14	2045779,03	1296	4772561,50	2045646,13
574	4768293,26	2045757,16	1297	4772584,87	2045633,86
575	4768277,92	2045719,72	1298	4772611,80	2045622,61
576	4768244,26	2045729,71	1299	4772629,48	2045619,24
577	4768212,92	2045737,13	1300	4772646,28	2045615,98
578	4768213,14	2045718,83	1301	4772658,59	2045615,64
579	4768213,04	2045705,13	1302	4772673,47	2045614,88
580	4768211,93	2045634,81	1303	4772689,84	2045612,81
581	4768208,84	2045629,96	1304	4772705,63	2045612,92
582	4768201,38	2045620,23	1305	4772724,14	2045614,71
583	4768196,65	2045616,20	1306	4772736,19	2045615,70
584	4768192,44	2045620,19	1307	4772751,39	2045617,50
585	4768190,60	2045627,05	1308	4772762,30	2045619,58
586	4768185,72	2045630,87	1309	4772768,45	2045620,71
587	4768179,71	2045629,77	1310	4772778,69	2045621,49
588	4768176,27	2045624,47	1311	4772796,14	2045622,91
589	4768175,84	2045617,29	1312	4772809,48	2045622,19
590	4768176,46	2045611,14	1313	4772819,29	2045616,99
591	4768179,06	2045598,44	1314	4772831,40	2045605,79
592	4768171,78	2045598,45	1315	4772835,41	2045602,37
593	4768167,38	2045592,93	1316	4772844,02	2045594,32
594	4768165,05	2045586,82	1317	4772851,08	2045587,95
595	4768164,29	2045580,95	1318	4772857,65	2045584,38
596	4768164,08	2045574,73	1319	4772862,35	2045582,37
597	4768165,35	2045568,65	1320	4772868,65	2045578,20

Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
598	4768169,87	2045562,92	1321	4772881,74	2045570,35
599	4768171,79	2045557,05	1322	4772892,84	2045564,79
600	4768172,00	2045551,55	1323	4772914,15	2045558,10
601	4768166,16	2045548,47	1324	4772938,78	2045546,02
602	4768162,49	2045545,55	1325	4772958,13	2045539,25
603	4768158,16	2045541,59	1326	4772983,24	2045537,53
604	4768157,27	2045543,10	1327	4773005,67	2045535,70
605	4768154,93	2045549,02	1328	4773020,06	2045535,15
606	4768151,46	2045554,22	1329	4773052,41	2045535,06
607	4768145,23	2045559,36	1330	4773072,76	2045535,01
608	4768139,54	2045564,38	1331	4773087,03	2045535,67
609	4768154,25	2045600,16	1332	4773096,99	2045538,79
610	4768163,66	2045623,60	1333	4773107,63	2045543,34
611	4768149,65	2045635,36	1334	4773128,18	2045551,51
612	4768103,97	2045661,32	1335	4773136,47	2045554,03
613	4768111,12	2045682,66	1336	4773144,64	2045556,15
614	4768120,93	2045712,01	1337	4773157,03	2045563,31
615	4768130,65	2045741,06	1338	4773166,47	2045570,13
616	4768136,08	2045759,43	1339	4773180,23	2045579,73
617	4768114,58	2045764,06	1340	4773191,25	2045585,07
618	4768066,56	2045777,95	1341	4773202,19	2045592,55
619	4768019,94	2045794,87	1342	4773212,79	2045597,47
620	4767964,78	2045810,20	1343	4773224,66	2045601,37
621	4767912,28	2045825,19	1344	4773238,87	2045602,82
622	4767868,66	2045834,22	1345	4773253,16	2045602,39
623	4767850,51	2045837,55	1346	4773263,13	2045601,57
624	4767840,76	2045842,40	1347	4773272,81	2045601,55
625	4767827,42	2045843,40	1348	4773285,17	2045601,92
626	4767811,59	2045840,46	1349	4773296,61	2045603,46
627	4767791,06	2045836,64	1350	4773303,82	2045605,93
628	4767758,65	2045839,28	1351	4773312,88	2045609,01
629	4767747,89	2045843,55	1352	4773321,90	2045611,51
630	4767733,90	2045849,89	1353	4773329,54	2045614,62
631	4767723,49	2045852,94	1354	4773344,23	2045620,95
632	4767715,02	2045858,02	1355	4773368,40	2045628,41
633	4767701,71	2045862,08	1356	4773372,65	2045631,87
634	4767689,19	2045864,58	1357	4773373,17	2045636,03
635	4767676,85	2045873,34	1358	4773368,14	2045641,18
636	4767669,04	2045876,92	1359	4773349,54	2045657,43
637	4767654,87	2045881,05	1360	4773304,00	2045696,81
638	4767638,67	2045882,85	1361	4773301,13	2045699,09
639	4767622,19	2045888,05	1362	4773297,84	2045699,11
640	4767599,47	2045885,09	1363	4773295,14	2045699,61
641	4767574,86	2045875,42	1364	4773291,70	2045699,55
642	4767560,15	2045875,33	1365	4773285,33	2045694,84
643	4767546,32	2045874,67	1366	4773278,85	2045689,32
644	4767534,62	2045870,16	1367	4773272,22	2045683,40
645	4767523,29	2045863,51	1368	4773265,26	2045682,57



Ibagué y Piedras (Tolima)

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
646	4767510,6	2045869,31	1369	4773256,00	2045685,13
647	4767489,61	2045879,97	1370	4773242,19	2045688,72
648	4767462,01	2045886,34	1371	4773224,32	2045689,73
649	4767444,64	2045895,52	1372	4773204,42	2045686,86
650	4767430,89	2045901,43	1373	4773195,79	2045684,74
651	4767413,03	2045905,98	1374	4773180,18	2045685,70
652	4767392,77	2045911,48	1375	4773164,45	2045696,04
653	4767378,17	2045911,54	1376	4773154,92	2045698,62
654	4767370,76	2045911,60	1377	4773140,89	2045697,64
655	4767362,20	2045911,04	1378	4773130,10	2045703,56
656	4767350,17	2045909,84	1379	4773119,39	2045701,85
657	4767338,65	2045908,43	1380	4773114,70	2045695,97
658	4767327,76	2045907,23	1381	4773116,66	2045687,67
659	4767310,53	2045917,63	1382	4773121,09	2045679,80
660	4767298,61	2045925,23	1383	4773126,93	2045673,35
661	4767287,24	2045932,63	1384	4773131,82	2045668,32
662	4767268,22	2045940,08	1385	4773141,13	2045660,36
663	4767250,16	2045950,24	1386	4773140,59	2045655,27
664	4767228,88	2045957,24	1387	4773139,04	2045651,42
665	4767211,63	2045956,69	1388	4773128,94	2045638,35
666	4767203,97	2045959,43	1389	4773124,12	2045635,87
667	4767194,82	2045961,86	1390	4773115,28	2045630,91
668	4767184,24	2045963,89	1391	4773103,75	2045624,57
669	4767177,55	2045960,01	1392	4773095,49	2045620,13
670	4767171,65	2045952,42	1393	4773089,47	2045617,08
671	4767167,33	2045942,87	1394	4773069,13	2045608,47
672	4767162,30	2045934,26	1395	4773035,79	2045601,95
673	4767158,05	2045928,50	1396	4773012,41	2045599,80
674	4767148,15	2045919,15	1397	4772996,23	2045599,43
675	4767135,35	2045913,86	1398	4772974,66	2045602,44
676	4767128,54	2045916,07	1399	4772959,67	2045607,86
677	4767125,35	2045917,02	1400	4772944,37	2045612,68
678	4767118,20	2045921,32	1401	4772923,27	2045620,09
679	4767111,87	2045924,48	1402	4772911,41	2045633,99
680	4767105,28	2045927,97	1403	4772904,20	2045644,12
681	4767098,83	2045931,35	1404	4772894,65	2045660,78
682	4767093,30	2045933,66	1405	4772884,34	2045683,53
683	4767085,17	2045935,61	1406	4772875,84	2045691,80
684	4767074,93	2045940,19	1407	4772867,77	2045698,64
685	4767047,69	2045943,36	1408	4772859,79	2045698,91
686	4767035,29	2045944,43	1409	4772831,18	2045700,17
687	4767028,71	2045938,84	1410	4772809,50	2045701,87
688	4767021,14	2045931,35	1411	4772791,19	2045706,98
689	4767014,04	2045922,39	1412	4772776,58	2045717,93
690	4767005,47	2045915,18	1413	4772768,59	2045719,49
691	4766989,81	2045919,57	1414	4772760,50	2045719,05
692	4766981,20	2045922,17	1415	4772756,65	2045717,2
693	4766952,70	2045945,25	1416	4772752,24	2045710,17

VÉRTICES CERRAMIENTO PARQUE-SOLAR					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
694	4766915,88	2045964,77	1417	4772751,71	2045705,16
695	4766886,15	2045984,69	1418	4772752,78	2045699,84
696	4766877,71	2046001,90	1419	4772758,50	2045695,73
697	4766872,61	2046011,73	1420	4772754,82	2045687,38
698	4766855,62	2046028,20	1421	4772739,49	2045681,66
699	4766840,19	2046046,75	1422	4772723,47	2045680,14
700	4766832,15	2046050,62	1423	4772703,66	2045676,31
701	4766809,49	2046048,96	1424	4772696,83	2045674,86
702	4766799,04	2046049,14	1425	4772678,53	2045676,78
703	4766768,04	2046056,02	1426	4772657,48	2045678,27
704	4766728,11	2046075,43	1427	4772645,69	2045679,99
705	4766712,17	2046082,58	1428	4772627,49	2045683,66
706	4766676,31	2046089,52	1429	4772617,22	2045688,49
707	4766655,82	2046090,42	1430	4772608,25	2045693,04
708	4766630,30	2046098,27	1431	4772598,17	2045697,70
709	4766590,19	2046104,77	1432	4772593,13	2045701,87
710	4766573,14	2046108,36	1433	4772582,48	2045708,65
711	4766550,51	2046103,20	1434	4772568,53	2045716,48
712	4766531,13	2046101,82	1435	4772555,76	2045722,11
713	4766534,30	2046115,11	1436	4772543,17	2045730,31
714	4766538,39	2046133,15	1437	4772529,40	2045735,62
715	4766554,81	2046204,81	1438	4772523,26	2045738,20
716	4766589,59	2046234,68	1439	4772511,01	2045740,56
717	4766596,73	2046276,98	1440	4772497,97	2045742,97
718	4766587,66	2046321,22	1441	4772484,92	2045747,94
719	4766582,64	2046377,49	1442	4772474,34	2045750,62
720	4766578,86	2046390,19	1443	4772466,07	2045754,68
721	4766577,54	2046403,70	1444	4772458,67	2045758,84
722	4766581,87	2046415,37	1445	4772457,40	2045757,54
723	4766595,02	2046411,93	1446	4772457,42	2045753,18

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### 3.1.2 Localización de la Línea de Transmisión 230 kV

---

Por otra parte, la Línea de Transmisión 230kV a construir con la finalidad de enviar la energía generada del Parque Solar al Sistema de Transmisión Nacional (STN), conecta la Subestación Elevadora del Parque Solar con la Bahía de Conexión 230kV en la Subestación Mirolindo de Ibagué (Vereda Alto Combeima), en un trazado con una Longitud de 13,1 km y 80 estructuras de soportes (torres, torrecillas y postes), que se relacionan de manera directa con 3 veredas, 1 barrio y la zona adyacente a la comuna 9 (ver Tabla 3-1), pertenecientes al municipio Ibagué, departamento del Tolima, tal como se muestra en la Figura 3.3, cuyas coordenadas del eje de la línea se presenta en la Tabla 3.4. Cabe destacar que 12,39 km de la línea transcurren de manera aérea, y 0,71 km se ubican en un trazo subterráneo por ubicarse en zona urbana.

Ibagué y Piedras (Tolima)

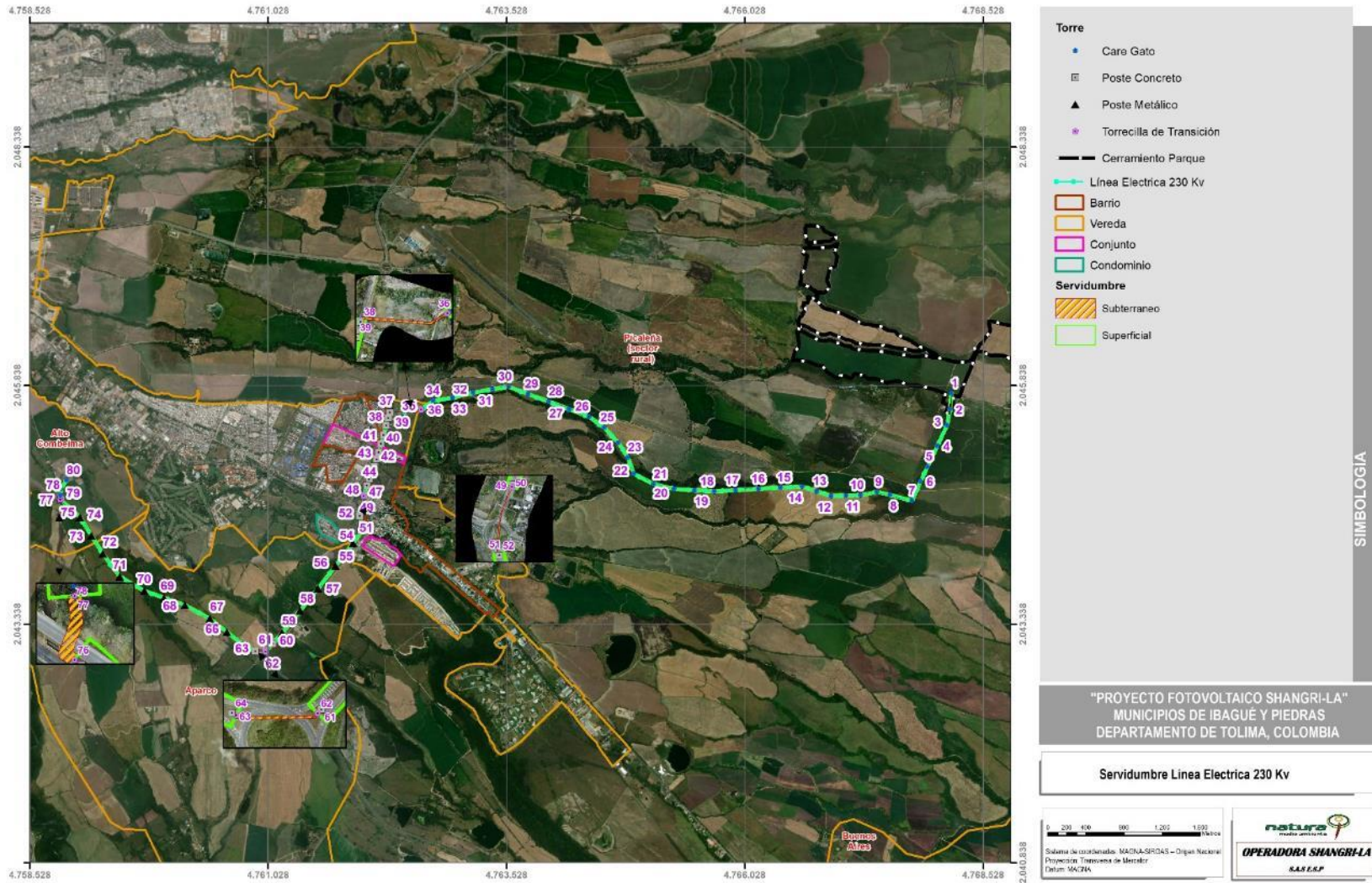


Figura 3.3 Localización Línea de Transmisión 230kV del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Tabla 3.4 Coordenadas del eje de la Línea de Transmisión 230kV del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La

Coordenadas Línea de Transmisión 230Kv					
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
1	4768196,90	2045758,30	47	4762143,46	2044992,57
2	4768180,37	2045588,84	48	4762117,21	2044925,90
3	4768151,08	2045424,13	49	4762087,96	2044855,04
4	4768049,61	2045208,23	50	4762063,29	2044788,95
5	4767945,95	2044987,65	51	4762031,56	2044689,76
6	4767870,30	2044826,69	52	4762029,24	2044684,14
7	4767782,87	2044630,82	53	4762011,47	2044645,08
8	4767553,46	2044694,01	54	4761994,62	2044597,48
9	4767416,03	2044723,59	55	4761992,54	2044584,83
10	4767245,42	2044690,40	56	4761983,11	2044497,74
11	4767091,57	2044685,55	57	4761984,39	2044483,59
12	4766935,91	2044680,64	58	4761988,12	2044476,48
13	4766784,11	2044730,74	59	4761989,65	2044470,79
14	4766631,36	2044781,16	60	4762008,76	2044389,61
15	4766406,70	2044768,58	61	4762000,82	2044313,83
16	4766172,83	2044755,48	62	4761921,53	2044186,33
17	4765933,91	2044742,11	63	4761736,22	2043950,50
18	4765708,95	2044729,51	64	4761552,85	2043713,21
19	4765503,73	2044741,89	65	4761364,30	2043479,97
20	4765287,60	2044754,93	66	4761174,73	2043247,57
21	4765073,51	2044805,25	67	4761077,43	2043133,46
22	4764864,70	2044913,50	68	4761005,49	2043058,02
23	4764802,50	2045085,53	69	4761001,29	2043053,63
24	4764701,48	2045240,60	70	4760997,53	2043048,96
25	4764554,51	2045397,90	71	4760909,99	2043047,41
26	4764395,59	2045512,54	72	4760900,46	2043051,34
27	4764187,23	2045590,36	73	4760894,84	2043054,17
28	4763972,99	2045670,38	74	4760771,05	2043116,67
29	4763758,75	2045750,39	75	4760598,13	2043254,22
30	4763551,75	2045827,70	76	4760418,24	2043395,86
31	4763382,35	2045798,96	77	4760155,69	2043537,17
32	4763180,00	2045764,63	78	4759939,55	2043613,06
33	4762964,62	2045710,32	79	4759731,21	2043686,22
34	4762761,84	2045680,15	80	4759473,32	2043835,42
35	4762633,43	2045588,02	81	4759294,99	2044075,61
36	4762569,28	2045549,16	82	4759175,96	2044264,64
37	4762409,52	2045562,03	83	4759055,27	2044456,30
38	4762308,82	2045569,97	84	4758853,70	2044640,30
39	4762306,52	2045561,81	85	4758848,99	2044643,69
40	4762304,78	2045555,66	86	4758843,07	2044647,49
41	4762288,70	2045496,40	87	4758850,39	2044667,34
42	4762267,25	2045419,05	88	4758849,55	2044677,59
43	4762239,35	2045321,20	89	4758849,07	2044683,46
44	4762213,82	2045227,65	90	4758848,57	2044689,49
45	4762188,67	2045135,55	91	4758852,62	2044754,85
46	4762168,89	2045064,24	92	4758914,85	2044846,60

Ibagué y Piedras (Tolima)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Seguidamente, en la Tabla 3.5 se presentan las coordenadas, así como las unidades territoriales del municipio Ibagué, departamento de Tolima, en la que se ubica cada una de las estructuras que soportarán la Línea de Transmisión 230kV, las cuales corresponden a Torres Care Gato, Torrecillas, Postes Metálicos y Postes en Concreto, descritas con mayor detalle en epígrafes posteriores.

**Tabla 3.5 Coordenadas y ubicación de las Estructuras de Soporte de la Línea de Transmisión 230kV**

ID ESTRUCTURA SOPORTE	TIPO ESTRUCTURA	ABSCISA / LONGITUD (km)	UNIDAD TERRITORIAL	MUNICIPIO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COTA (m)
					ESTE	NORTE	
ST-TCG-1	Torre Care Gato	0,00	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4768196,90	2045758,30	825,00
ST-TCG-2	Torre Care Gato	170,64	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4768180,37	2045588,84	826,00
ST-TCG-3	Torre Care Gato	338,40	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4768151,08	2045424,13	826,00
ST-TCG-4	Torre Care Gato	577,02	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4768049,61	2045208,23	825,00
ST-TCG-5	Torre Care Gato	820,82	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4767945,95	2044987,65	825,00
ST-TCG-6	Torre Care Gato	998,72	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4767873,99	2044834,54	825,35
ST-TCG-7	Torre Care Gato	1200,36	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4767782,87	2044630,82	830,00
ST-TCG-8	Torre Care Gato	1428,62	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4767553,46	2044694,01	830,19
ST-TCG-9	Torre Care Gato	1577,44	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4767416,03	2044723,59	830,00
ST-TCG-10	Torre Care Gato	1751,30	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4767245,42	2044690,40	840,00
ST-TCG-11	Torre Care Gato	1905,26	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4767091,57	2044685,55	841,85
ST-TCG-12	Torre Care Gato	2061,04	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4766935,92	2044680,64	845,00
ST-TCG-13	Torre Care Gato	2220,95	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4766784,11	2044730,74	848,33
ST-TCG-14	Torre Care Gato	2381,85	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4766631,36	2044781,16	855,00
ST-TCG-15	Torre Care Gato	2606,93	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4766406,70	2044768,58	857,68
ST-TCG-16	Torre Care Gato	2841,23	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4766172,83	2044755,49	862,24

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID ESTRUCTURA SOPORTE	TIPO ESTRUCTURA	ABSCISA / LONGITUD (km)	UNIDAD TERRITORIAL	MUNICIPIO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COTA (m)
					ESTE	NORTE	
ST-TCG-17	Torre Care Gato	3080,60	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4765933,91	2044742,11	868,77
ST-TCG-18	Torre Care Gato	3305,97	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4765708,95	2044729,51	871,00
ST-TCG-19	Torre Care Gato	3511,63	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4765503,73	2044741,89	877,14
ST-TCG-20	Torre Care Gato	3728,21	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4765287,60	2044754,94	885,00
ST-TCG-21	Torre Care Gato	3948,20	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4765073,51	2044805,25	890,00
ST-TCG-22	Torre Care Gato	4183,47	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4764864,70	2044913,50	890,00
ST-TCG-23	Torre Care Gato	4405,43	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4764802,50	2045085,53	895,45
ST-TCG-24	Torre Care Gato	4611,19	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4764701,48	2045240,60	898,00
ST-TCG-25	Torre Care Gato	4833,38	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4764554,51	2045397,90	909,00
ST-TCG-26	Torre Care Gato	5054,08	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4764395,59	2045512,54	910,00
ST-TCG-27	Torre Care Gato	5295,50	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4764187,23	2045590,36	911,64
ST-TCG-28	Torre Care Gato	5460,75	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4763972,99	2045670,38	916,74
ST-TCG-29	Torre Care Gato	5634,69	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4763758,75	2045750,39	920,00
ST-TCG-30	Torre Care Gato	5785,98	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4763551,75	2045827,70	920,00
ST-TCG-31	Torre Care Gato	5923,75	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4763382,35	2045798,96	925,00
ST-TCG-32	Torre Care Gato	6100,80	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4763180,00	2045764,63	927,00
ST-TCG-33	Torre Care Gato	6318,82	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4762964,62	2045710,32	943,00
ST-TCG-34	Torre Care Gato	6525,54	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4762761,84	2045680,15	946,38
ST-TCG-35	Torre Care Gato	6708,15	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4762640,39	2045592,98	946,22
ST-TM-36	Torrecilla Metálica	6717,31	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	4762633,46	2045588,00	946,00
ST-TM-37	Torrecilla Metálica	7033,10	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762306,52	2045561,81	933,00
SP-PC-38	Poste en Concreto	7039,50	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762304,78	2045555,66	933,00
SP-PC-39	Poste en Concreto	7100,89	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762288,70	2045496,40	935,00
SP-PC-40	Poste en Concreto	7181,22	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762267,25	2045419,05	937,00

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID ESTRUCTURA SOPORTE	TIPO ESTRUCTURA	ABSCISA / LONGITUD (km)	UNIDAD TERRITORIAL	MUNICIPIO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COTA (m)
					ESTE	NORTE	
SP-PC-41	Poste en Concreto	7282,98	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762239,35	2045321,20	939,00
SP-PC-42	Poste en Concreto	7379,98	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762213,82	2045227,65	941,00
SP-PC-43	Poste en Concreto	7475,47	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762188,68	2045135,55	942,00
SP-PC-44	Poste en Concreto	7549,45	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762168,89	2045064,25	942,79
SP-PC-45	Poste en Concreto	7625,47	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762143,46	2044992,57	943,50
SP-PC-46	Poste en Concreto	7697,14	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762117,22	2044925,90	944,00
SP-PC-47	Poste en Concreto	7773,81	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762087,96	2044855,04	944,70
SP-PC-48	Poste en Concreto	7844,37	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762063,29	2044788,95	944,50
SP-PC-49	Poste en Concreto	7948,54	Barrio Picalaña	IBAGUÉ	4762031,56	2044689,76	946,00
ST-TM-50	Torrecilla Metálica	7954,62	Barrio Picalaña	IBAGUÉ	4762029,24	2044684,14	946,00
ST-TM-51	Torrecilla Metálica	8170,52	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4761988,12	2044476,48	950,00
SP-PC-52	Poste en Concreto	8176,41	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4761989,65	2044470,80	950,00
SP-PC-53	Poste en Concreto	8259,43	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762008,76	2044389,61	947,00
SP-PC-54	Poste en Concreto	8335,30	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4762000,82	2044313,83	943,00
SP-PM-55	Poste Metálico	8485,24	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	4761921,53	2044186,33	945,00
SP-PM-56	Poste Metálico	8785,24	Aparco	IBAGUÉ	4761736,22	2043950,50	942,00
SP-PM-57	Poste Metálico	9085,24	Aparco	IBAGUÉ	4761552,85	2043713,21	938,00
SP-PM-58	Poste Metálico	9385,24	Aparco	IBAGUÉ	4761364,30	2043479,97	937,00
SP-PM-59	Poste Metálico	9685,23	Aparco	IBAGUÉ	4761174,73	2043247,57	933,00
SP-PC-60	Poste en Concreto	9835,23	Aparco	IBAGUÉ	4761077,43	2043133,46	935,00
SP-PC-61	Poste en Concreto	9939,50	Aparco	IBAGUÉ	4761005,49	2043058,02	941,50
ST-TM-62	Torrecilla Metálica	9945,58	Aparco	IBAGUÉ	4761001,29	2043053,63	941,50
ST-TM-63	Torrecilla Metálica	10049,47	Aparco	IBAGUÉ	4760900,46	2043051,34	944,50
SP-PC-64	Poste en Concreto	10055,76	Aparco	IBAGUÉ	4760894,84	2043054,17	944,50
SP-PC-65	Poste en Concreto	10194,47	Aparco	IBAGUÉ	4760771,05	2043116,67	947,80



ID ESTRUCTURA SOPORTE	TIPO ESTRUCTURA	ABSCISA / LONGITUD (km)	UNIDAD TERRITORIAL	MUNICIPIO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COTA (m)
					ESTE	NORTE	
SP-PM-66	Poste Metálico	10415,47	Aparco	IBAGUÉ	4760598,13	2043254,22	952,00
SP-PM-67	Poste Metálico	10644,50	Aparco	IBAGUÉ	4760418,24	2043395,86	956,50
SP-PM-68	Poste Metálico	10942,95	Aparco	IBAGUÉ	4760155,69	2043537,17	963,00
SP-PM-69	Poste Metálico	11172,08	Aparco	IBAGUÉ	4759939,55	2043613,06	971,00
SP-PM-70	Poste Metálico	11392,95	Aparco	IBAGUÉ	4759731,21	2043686,22	974,50
SP-PM-71	Poste Metálico	11690,97	Aparco	IBAGUÉ	4759473,32	2043835,42	984,50
SP-PM-72	Poste Metálico	11990,20	Aparco	IBAGUÉ	4759294,99	2044075,61	992,50
SP-PM-73	Poste Metálico	12213,65	Alto Combeima	IBAGUÉ	4759175,96	2044264,64	997,50
SP-PM-74	Poste Metálico	12440,20	Alto Combeima	IBAGUÉ	4759055,27	2044456,30	1003,00
SP-PC-75	Poste en Concreto	12713,01	Alto Combeima	IBAGUÉ	4758853,70	2044640,30	1010,50
ST-TM-76	Torre Cilla Metálica	12718,80	Alto Combeima	IBAGUÉ	4758848,99	2044643,69	1011,00
ST-TM-77	Torre Cilla Metálica	12764,88	Alto Combeima	IBAGUÉ	4758849,07	2044683,49	1007,00
ST-TCG-78	Torre Care Gato	12770,97	Alto Combeima	IBAGUÉ	4758848,57	2044689,49	1007,00
ST-TCG-79	Torre Care Gato	12835,88	Alto Combeima	IBAGUÉ	4758852,62	2044754,85	1007,00
ST-TCG-80	Torre Care Gato	12954,94	Alto Combeima	IBAGUÉ	4758914,86	2044846,60	1009,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### 3.1.3 Localización de la Bahía de Conexión 230 kV

Con la finalidad de entregar la energía generada el Parque Fotovoltaico al Sistema Interconectado Nacional (SIN), se construirá la Bahía de conexión 230kV en zonas internas de la Subestación Mirolindo de Ibagué, la cual pertenece al Sistema de Transmisión Nacional (STN). Esta Bahía de Conexión se localiza en la Vereda Alto Combeima del municipio Ibagué, ocupando un área de 0,148 ha dentro del predio de la existente Subestación Mirolindo, en las coordenadas presentadas en la Tabla 3.6 y se puede detallar su localización en la Figura 3.4

Tabla 3.6. Coordenadas de Localización de la Bahía de Conexión 230 kV del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La dentro de la Subestación Mirolindo.

ID Vértices	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4758936,33	2044854,65
2	4758929,46	2044847,39
3	4758920,24	2044856,15
4	4758916,93	2044859,29
5	4758914,55	2044861,56
6	4758921,72	2044868,90
7	4758966,32	2044914,61
8	4758980,45	2044901,22

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).



Figura 3.4. Localización de la Bahía de Conexión 230 kV del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, dentro de la Subestación Mirolindo.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

En el ANEXO Cartográfico (ANEXO A) del presente Estudio de Impacto Ambiental, se puede detallar los mapas con la infraestructura asociada a todo el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, tanto del Parque Solar como de la Línea de Transmisión 230 kV. Adicionalmente, en el Anexo C.2.1 se pueden detallar las coordenadas de los vértices de cada infraestructura permanente y temporal a utilizar en el Parque Solar y la Línea de Transmisión y su bahía de conexión 230kV; en el Anexo C.2.2 se puede detallar la ubicación político-administrativa, áreas en hectáreas, condiciones del terreno a ocupar asociadas a cobertura de la tierra, uso actual del suelo y pendientes del terreno. Seguidamente, se presentan las características de la infraestructura asociada al Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, según lo dispuesto en los Términos de Referencia TdR-015 y TdR-17, mencionados al inicio del presente capítulo.

## 3.2 Características del Proyecto

---

En este apartado se especifican las características técnicas del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La (parque y Línea de Transmisión) en sus diferentes fases. Se anexan diseños de la infraestructura a construir y/o adecuar (ANEXO C). Igualmente, se informa la duración del Proyecto, cronograma estimado de actividades, costos estimados y la estructura organizacional del mismo.

La empresa OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. es gestora del Proyecto para la instalación y operación de un Parque Solar Fotovoltaico (Figura 3.1), denominado PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA, el cual tendrá capacidad para entregar a la red nacional de 160 MW en corriente alterna (a partir de 6 áreas de paneles solares) y estará ubicado en las veredas Aparco, Alto Combeima, Picaleña Sector Rural, Buenos Aires del municipio de Ibagué, y en la vereda Estación Doima del Municipio Piedras.

Su conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN) en la Subestación Mirolindo, se realizará a través de una Línea de Transmisión eléctrica, con porción aérea y subterránea, la cual será de circuito sencillo con una tensión nominal de 230 kV y una longitud de 13,1 km.

Se estima que el parque fotovoltaico generará aproximadamente 427,248 GWh anuales, con un rendimiento implícito de aproximadamente 1.841 kWh / kWp / año, a partir del aprovechamiento del recurso solar disponible, con lo cual se evitará la emisión de alrededor de 4'883.44 ton de CO<sub>2</sub><sup>4</sup> durante la vida operativa de la planta (i.e. 30 años).

Con esta planta solar fotovoltaica se contribuirá a mejorar la seguridad y a la diversificación de la matriz energética del país con una fuente de energía renovable, limpia y con gran potencial de crecimiento, que además ayudará al cumplimiento de los INDC del COP 21. El Proyecto está enmarcado en la Ley 1715 de 2014, que promueve la

---

<sup>4</sup> Factor tomado de la Resolución 642 de 2019 de la Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME.

implementación del uso de fuentes no convencionales de energía renovable y que ha venido en el proceso de reglamentación.

El Parque Solar estará conformado por los siguientes equipos y elementos principales:

- **Paneles solares fotovoltaicos:** son los equipos encargados de convertir la energía solar en energía eléctrica en corriente continua, mediante el efecto fotoeléctrico. Están formados por un conjunto de células de material semiconductor asociadas entre ellas en serie y en paralelo para alcanzar las corrientes y voltajes necesarios para su conexión.
- **Estructura metálica:** sirven de soporte de los paneles sobre el terreno y se encargan de dar la inclinación y orientación óptima a los paneles para maximizar la producción de energía de acuerdo con la ubicación (latitud y longitud).
- **Seguidores:** equipos que giran los paneles solares de manera que permitan optimizar el ángulo para la llegada de los rayos solares al módulo y generar más electricidad.
- **Cables solares:** conducen la energía eléctrica en corriente directa que se produce en los paneles, poseen un aislamiento especial que permite minimizar las pérdidas de energía y brindar la seguridad necesaria a la instalación.
- **Cajas colectoras de media tensión:** agrupan el cableado proveniente de cada estación de media tensión y cuentan con las protecciones y elementos necesarios para la seguridad y operación.
- **Inversores:** son los equipos de electrónica de potencia encargados de convertir la energía de corriente directa a energía en corriente alterna (AC). Los inversores además registran y controlan los parámetros de funcionamiento de la generación conectada al inversor.

- **Transformadores:** equipos necesarios para elevar la tensión del sistema a los valores requeridos para la conexión al sistema eléctrico.
- **Cableado en AC:** es el encargado de conducir la energía eléctrica que sale del transformador al centro de control, monitoreo y seccionamiento.
- **Cajas colectoras de Media Tensión:** Sitio donde se recogen los circuitos provenientes de los inversores y transformadores para enviar la energía mediante las líneas de media tensión hasta la subestación elevadora.
- **Bodega de Operación y Mantenimiento:** Será el centro de operación donde se controla y monitorea la operación del Parque Solar, y se dispondrán de los repuestos, equipos, herramientas y talleres de mantenimiento.
- **Línea de Transmisión 230 kV:** Conexión eléctrica al Sistema Interconectado Nacional (SIN), mediante Línea de Transmisión eléctrica, aérea y subterránea, de circuito sencillo con una tensión nominal de 230 kV y una longitud de 13,1 km. La línea estará soportada por postes en concreto, metálicos, torrecillas y torres CareGato, con una altura máxima estimada entre 20 y 40 metros, diseñados para las distintas condiciones del terreno y de tracción de la línea.
- **Elementos y sistemas auxiliares:** la planta además de los equipos mencionados contará con los siguientes sistemas auxiliares que permitirán la operación segura y adecuada de la planta:
  - Estaciones meteorológicas
  - Sistema de control SCADA
  - Sistema de puesta a tierra
  - Cerramiento
  - Circuito cerrado de televisión
  - Plantas de emergencia

- Sistema contra incendio
  
- **Obras civiles:** las obras civiles requeridas por la planta son las siguientes:
  - Bodega de operación y mantenimiento
  - Caseta de vigilancia
  - Estaciones de Media Tensión
  - Cajas Colectoras
  - Línea de Transmisión de salida a la conexión al SIN
  - Vías internas del parque y accesos nuevos temporales a sitios de torre.

### 3.2.1 Infraestructura existente

---

En este numeral se identifican las vías, líneas férreas y otra infraestructura asociada en el área de influencia del Proyecto. La infraestructura existente en el área de influencia del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La es principalmente vial e infraestructura asociada a la agroindustria arrocera (jagüeyes y acequias), además se reconocen centros poblados, gasoductos, restos de una vía férrea desmantelada y un acueducto.

#### 3.2.1.1 Tipo y clasificación de vías, líneas férreas y demás infraestructura asociada

---

En este numeral se describe la infraestructura de transporte identificada en el área de influencia, haciendo especial énfasis en aquella infraestructura que va a ser utilizada o modificada por el Proyecto.

##### 3.2.1.1.1 Infraestructura vial

Se usaron dos sistemas de clasificación vial en el EIA del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La para catalogar las vías. Los sistemas son: uno emitido por INVIAS que se presenta en la Tabla 3.2-1 y otro por el IGAC en la Tabla 3.2-2.




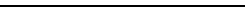
**Tabla 3.2-1 Clasificación INVIAS según funcionalidad de la vía**

CLASIFICACIÓN SEGÚN INVÍAS	DESCRIPCIÓN
Primaria	Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países. Las carreteras consideradas como primarias deben funcionar pavimentadas y pueden tener una o dos calzadas.
Secundaria	Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria. Las carreteras consideradas como secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.
Terciaria	Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como terciarias deben funcionar en afirmado.

Fuente: (INVIAS, 2011)<sup>5</sup>INVIAS, Guía de manejo ambiental para proyectos de infraestructura- Subsector vial, 2011.




La clasificación según INVIAS se basa principalmente en la funcionalidad de las vías y en su papel a la hora de conectar capitales departamentales, cabeceras municipales y veredas.

**Tabla 3.2-2 Tipificación de vías según Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)**

ÍTEM	CLASIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA
1	Vía Tipo 1 / Pavimentada de dos o más carriles, transitable todo el año	
2	Vía Tipo 2 / Sin pavimentar de dos o más carriles, transitable todo el año	
3	Vía Tipo 3 / Pavimentada angosta, carriles transitables todo el año	
4	Vía Tipo 4 / Sin pavimentar angosta, carriles transitables todo el año	

<sup>5</sup> INVIAS (2011). Guía de manejo ambiental para proyectos de infraestructura- Subsector vial.



ÍTEM	CLASIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA
5	Vía Tipo 5 / Sin pavimentar, transitable en tiempo seco	
6	Vía Tipo 6 / Carreteable sin afirmado	
7	Vía Tipo 7 / Camino, sendero	

Fuente: (IGAC, s.f.)<sup>6</sup>

La red vial del área de influencia y aquella disponible para ser utilizada para el acceso al área del parque fotovoltaico está compuesta por vías tipo uno (1) a siete (7), de acuerdo con la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y de primero a tercer orden según la clasificación del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Estas vías permiten la comunicación entre el área de intervención del Proyecto y el municipio de Ibagué y la red vial nacional.

La red vial se compone de cuatro (4) vías nacionales primarias<sup>7</sup>. Desde la ruta nacional TV-40-04 se desprende la vía VA-BA-D a la altura del centro poblado Buenos Aires, esta es una vía tipo 4 y accede hasta el Proyecto con un ramal que inicia en la hacienda La Gascoña: este ramal es privado tipo 5. Por otro lado, desde la vía nacional TV-40-TLC se desprende la vía VA-P a la altura del sector Picaleña, esta es una vía tipo 3 y 4, y accede hasta el Proyecto en un tramo público y otro privado.

En la Tabla 3.2-3 se presentan las vías existentes susceptibles de ser usadas en el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La .

<sup>6</sup> IGAC (s.f.). Catálogo de objetos geográficos cartografía básica digital

<sup>7</sup> De acuerdo con la capa de red vial nacional recuperada el día 16 de octubre de 2021 de la URL: <https://www.datos.gov.co/dataset/Red-Vial/s27d-tqsf>

Tabla 3.2-3 Vías existentes en el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La .

ÍTEM	NOMBRE VÍA	TRAMO	SECTOR	TIPO VÍA [IGAC]	TIPO VÍA (INVIAS)
1	TV-40-04	Transversal Buenaventura-Villavicencio-Puerto Carreño	Ibagué (Puente Blanco) - Cruce Ruta 45 (Espinal)	3	Primaria
2	AL-T-40-LTG	Alternas a la Troncal del Magdalena	Variante Norte de Ibagué	1	Primaria
3	AL-T-40-LTF	Alternas a la Transversal Buenaventura-Villavicencio-Puerto Carreño	Variante Picaleña	1	Primaria
4	TV-40-TLC	Transversal Buenaventura-Villavicencio-Puerto Carreño	Variante de Ibagué	1	Primaria
				3	
5	VA-BA-D	Vía de Acceso Buenos Aires - Doima	Buenos Aires - Doima	4	Terciaria <sup>8</sup>
6	V1	Vía interna acceso al proyecto	Acceso oriente	5	Terciaria
7	VA-P	Vía de Acceso Picaleña	Picaleña	3	Secundaria
				4	Terciaria
8	VA-P1	Sendero/camino para acceso a línea de transmisión	Acceso torres 8 a 22	7	Terciaria / Privada
9	VA-P2	Ramal desprendido de VA-P para acceso a inicio línea de transmisión	Acceso sur inicio línea de transmisión	4	Terciaria / Privada
				7	
10	VA-P3	Ramal desprendido de VA-P2		5	Terciaria / Privada

<sup>8</sup> Clasificación vial Buenos Aires – Doima tomada de la Resolución 0006096 del 21 de diciembre de 2017 "Por la cual se expide la categorización de las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras o Red Vial Nacional correspondientes al Departamento de Tolima".

ÍTEM	NOMBRE VÍA	TRAMO	SECTOR	TIPO VÍA [IGAC]	TIPO VÍA (INVIAS)
11	VA-P4	Tramos acceso Mirolindo	Mirolindo	6	Terciaria
12	V2	Ramal vía de acceso Picalaña	Acceso occidente	4	Terciaria
13	V2a	Carreteable desprendido de ramal V2	Corredor para acceso al proyecto	6	Terciaria

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.1.2 Infraestructura férrea

La base cartográfica del IGAC 1:25.000 incluye una línea férrea paralela a la vía Buenos Aires – Doima. Se realizó el reconocimiento de campo de este trazado y se encontró que este corredor se encuentra desmantelado (ver Fotografía 3.2-1), por lo tanto, en el área de influencia no existe infraestructura férrea en la actualidad.



**Fotografía 3.2-1 Estructura en desuso antigua línea férrea contigua a corredor Buenos Aires - Doima**

Este: 4774359.519, Norte: 2043589.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.1.3 Infraestructura aérea

Dentro del Área de Influencia (AI) hay dos pistas de aterrizaje y fuera de ella se reportó un aeropuerto de operación nacional. En inmediaciones del área de influencia hacia el noroccidente se localiza el aeropuerto nacional Perales que presta sus servicios a la ciudad de Ibagué capital del Departamento del Tolima. Este aeropuerto está ubicado a 11 km de la ciudad de Ibagué, siendo el principal aeropuerto del Tolima (AEROCIVIL, 2021)<sup>9</sup>. En la Figura 3.5 se presenta la localización del aeropuerto Perales con respecto al área de influencia físico-biótica, allí se nota que esta infraestructura de transporte aéreo se localiza por fuera del AI.

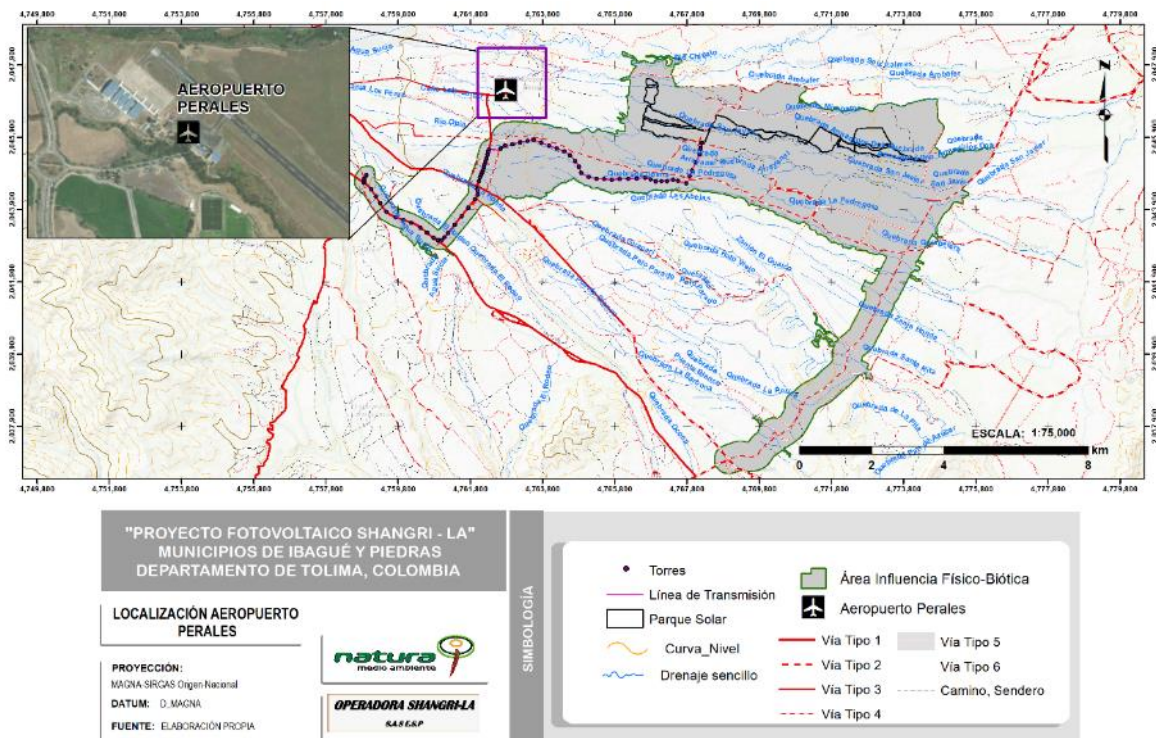


Figura 3.5 Localización del aeropuerto Perales contiguo al área de influencia del Proyecto

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

<sup>9</sup> Recuperado de la AEROCIVIL el 16 de octubre de 2021 en la URL: <https://www.aerocivil.gov.co/aeropuertos/Pages/perales.aspx>

Ibagué y Piedras (Tolima)

En el contexto del Aeropuerto Nacional Perales, cabe aclarar que se presentó la Solicitud de Evaluación de Obstáculos por Altura, Interferencias Radioeléctricas y Uso de Suelos, a la Aeronáutica Civil, mediante radicado 2021078032 del 30 de agosto de 2021 (ANEXO C.1). La altura de las torres de la Línea de Transmisión en esta zona garantiza nula interferencia con los espacios aéreos de este aeropuerto, en especial con la superficie horizontal interna establecida por la OACI en el convenio de la aviación civil internacional.

Por otra parte, dos pistas privadas de aterrizaje para aeronaves menores se localizan al oriente y al norte dentro del área de influencia Físico-Biótica. En la Figura 3.6 se presentan estas pistas en el marco del AI Físico-Biótica.

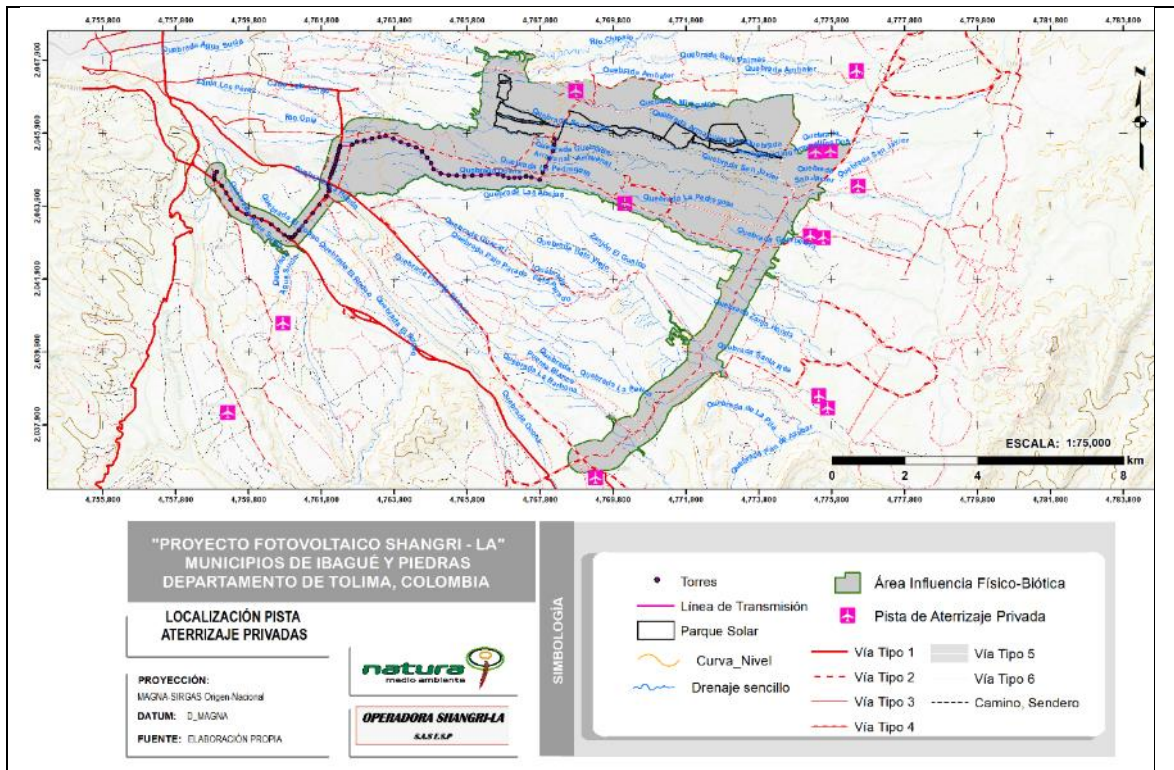


Figura 3.6 Localización pistas de aterrizaje privada dentro del área de influencia del Proyecto

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.2 Estado actual de las vías e infraestructura de transporte

Se estudió el estado actual de las vías de transporte existentes en el AI que son susceptibles de ser utilizadas por el Proyecto, a partir de reconocimiento de campo. Con esto se logró consolidar la información que se presenta en la Tabla 3.2-4.

Tabla 3.2-4 Estado actual vías existentes en el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.

ÍTEM	NOMBRE VÍA	LONGITUD TRAMO [km]	LONGITUD TOTAL [km]	CAPA DE RODADURA			ESTADO
				PAVIMENTO [km]	AFIRMADO [km]	TERRENO NATURAL [km]	
1	TV-40-04	6.3081	6.3081	6.3081			Bueno
2	AL-T-40-LTG	4.3844	4.3844	4.3844			Bueno
3	AL-T-40-LTF	13.2887	13.2887	13.2887			Bueno
4	TV-40-TLC	15.0628	22.5657	15.0628			Bueno
		7.5029		7.5029			
5	VA-BA-D	11.2518	11.2518		11.2518		Regular
6	V1	2.4151	2.4151		2.4151		Regular
7	VA-P	0.166	13.522	0.166			Buena
		13.356			13.356		Regular
8	VA-P1	2.497	2.497			2.497	Malo
9	VA-P2	0.941	4.032		0.941		Regular
		3.091				3.091	Malo
10	VA-P3	2.114	2.114			2.114	Malo
11	VA-P4	0.063	0.214			0.063	Malo
		0.151				0.151	
12	V2	2.1237	2.1237		2.1237		Regular
13	V2a	0.7612	0.7612			0.7612	Malo

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

A continuación, se presenta la descripción de cada una de las vías caracterizadas.

Ibagué y Piedras (Tolima)

3.2.1.2.1.1 Vías primarias

Se reconocieron cuatro (4) vías primarias que están localizadas en inmediaciones del área de influencia físico-biótica. La longitud de interés de estas vías es de 46.5469 km y se ubican como se presenta en la Figura 3.7.

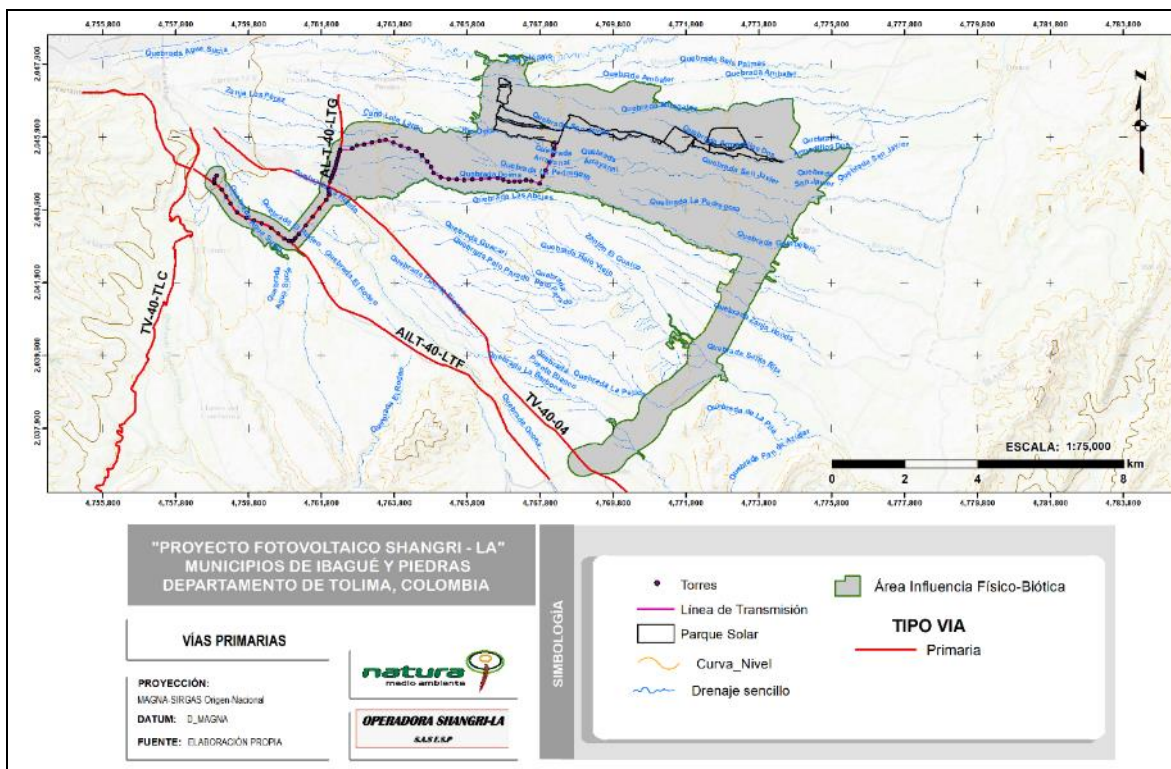


Figura 3.7 Vías primarias en inmediaciones del área de influencia del Proyecto

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Las vías primarias se describen a continuación:

- **TV-40-04: Transversal Buenaventura – Villavicencio – Puerto Carreño, Ibagué (Puerto Blanco) – Cruce Ruta 45 (Espinal)**

La vía TV-40-04 es la transversal Buenaventura – Villavicencio – Puerto Carreño en el sector Ibagué (Puerto Blanco) – Cruce Ruta 45 (Espinal). Se conecta con la vía TV-40-TLC al sur del AI y de allí sigue al oriente. Tiene una longitud de 6,3081 km, se clasifica según

el IGAC como vía tipo 3 de calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía primaria. La vía tiene su superficie de rodadura en pavimento flexible, es transitable en todo el año y es de orden nacional. En las Fotografía 3.2-2 y Fotografía 3.2-3 se presentan tomas de la vía.



**Fotografía 3.2-2 Vía TV-40-04 en cruce a corredor Buenos Aires - Doima**

Este: 4768933.344, Norte: 2036992.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-3 Vía TV-40-04 vista de la banca**

Este: 4766951.063, Norte: 2039038.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



➤ **AL-T-40-LTG: Alternas a la Troncal del Magdalena**

La vía AL-T-40-04 es una vía alterna a la Troncal del Magdalena en el sector Variante Norte de Ibagué. Se conecta con la vía AL-T-40-LTF al sur del AI y de allí sigue al norte hacia Ibagué. Tiene una longitud de 4,3844 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo 1 de doble calzada y según el INVIAS se clasifica como vía primaria. La vía tiene su superficie de rodadura en pavimento flexible, es transitable en todo el año y es de orden nacional. En las Fotografía 3.2-4 y Fotografía 3.2-5 se presentan tomas de la vía.



**Fotografía 3.2-4 Vía AL-T-40-LTG vía doble calzada**

Este: 4761300.705, Norte: 2043417.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-5 Vía AL-T-40-LTG señalización rotonda**

Este: 4761164.923, Norte: 2043255.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

➤ **AL-T-40-LTF: Alternas a la Transversal Buenaventura-Villavicencio-Puerto Carreño**

La vía AL-T-40-LTF es una vía alterna a la Transversal Buenaventura-Villavicencio-Puerto Carreño en el sector Variante Picalaña. Se conecta con la vía AL-T-40-LTG al sur del AI y de allí sigue al norte donde se conecta con la vía TV-40-TLC. Tiene una longitud de 13,2887 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo 1 de doble calzada y según el INVIAS se clasifica como vía primaria. La vía tiene su superficie de rodadura en pavimento flexible, es transitable en todo el año y es de orden nacional. En las Fotografía 3.2-6 y Fotografía 3.2-7 se presentan tomas de la vía.



**Fotografía 3.2-6 Vía AL-T-40-LTF señalización vertical**

Este: 4760935.19, Norte: 2043068.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-7 Vía AL-T-40-LTF estructura hidráulica**

Este: 4758828.272, Norte: 2044674.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

➤ **TV-40-TLC: Transversal Buenaventura-Villavicencio-Puerto, Variante Ibagué**

La vía AL-T-40-LTF es un tramo de la Transversal Buenaventura-Villavicencio-Puerto Carreño en el sector Variante Ibagué. Se conecta con la vía AL-T-40-LTG al occidente del AI y de allí sigue al sur donde se conecta con la vía TV-40-04. Tiene una longitud de 22,5657 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo 1 de doble calzada (15,0628 km) y vía tipo 3 de calzada sencilla (7,5029 m), y según el INVIAS se clasifica como vía primaria. La vía tiene su superficie de rodadura en pavimento flexible, es transitable en todo el año y es de orden nacional. En las Fotografía 3.2-8 y Fotografía 3.2-9 se presentan tomas de la vía.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-8 Vía AL-T-40-TLC vista a la banca**

Este: 4763648.8, Norte: 2043305.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-9 Vía AL-T-40-TLC vista cambio de calzada sencilla a doble**

Este: 4762200.381, Norte: 2044441.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

#### 3.2.1.2.1.2 Vías secundarias

Se reconoció una (1) vía secundaria que está localizadas en el sector Picalaña del área de influencia físico-biótica. La longitud de interés de esta vía es de 0,166 km y se ubica como se presenta en la Figura 3.8.

Ibagué y Piedras (Tolima)

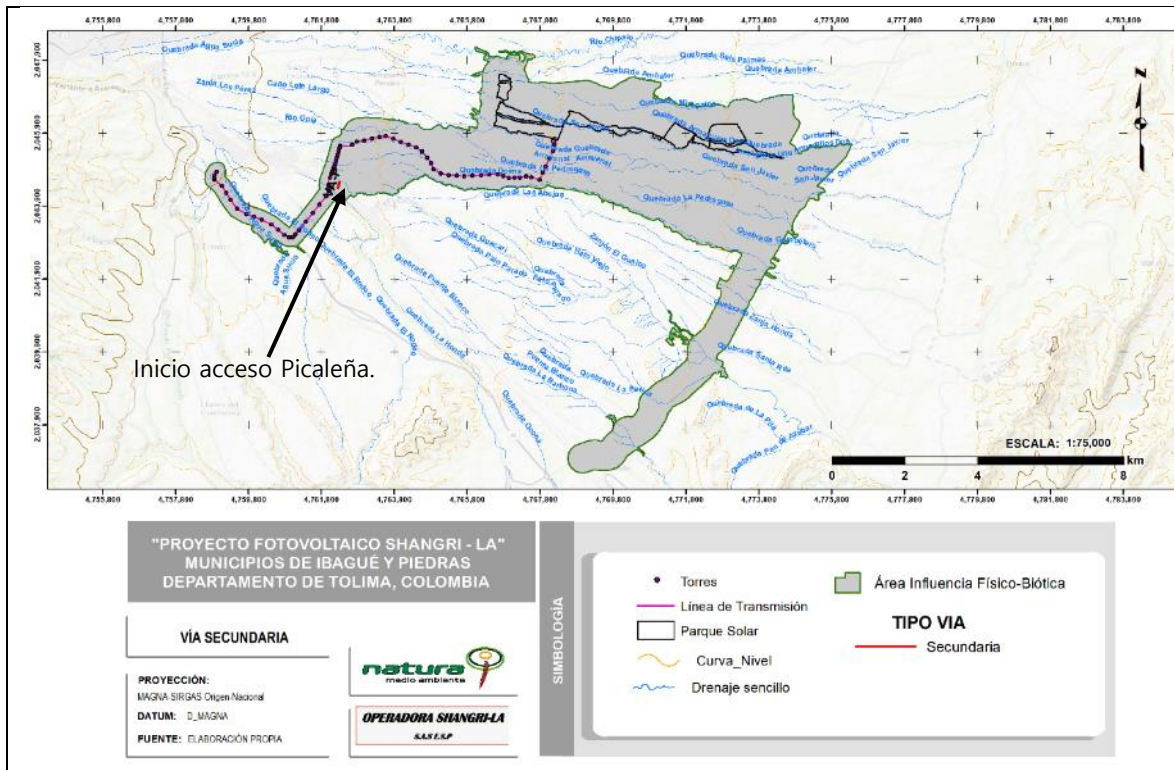


Figura 3.8 Vía secundaria en el área de influencia del Proyecto

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

La vía secundaria se describe a continuación:

➤ **VA-P: Vía pública secundaria de Acceso Picalaña**

La vía VA-P en su primer tramo se clasifica como secundaria debido a que su capa de rodadura es en pavimento rígido y sirve para el acceso al centro poblado de Picalaña a partir de la ruta TV-40-TLC. Esta vía se clasifica como de tipo 3 según el IGAC en calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía secundaria. Tiene superficie de rodadura en pavimento rígido, es transitable en todo el año y es de orden departamental. En la Fotografía 3.2-10 y Fotografía 3.2-11 se presentan imágenes de la vía.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-10 Vía VA-P inicio en sector Picalaña**

Este: 4762253.947, Norte: 2044418.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-11 Vía VA-P fin vía sector Picalaña**

Este: 4762304.01, Norte: 2044569.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.2.1.3 Vías terciarias

Se reconocieron nueve (9) vías terciarias que están localizadas en el área de influencia físico-biótica. La longitud de interés de estas vías es de 38,7648 km y se ubican como se presenta en la Figura 3.9.

Ibagué y Piedras (Tolima)

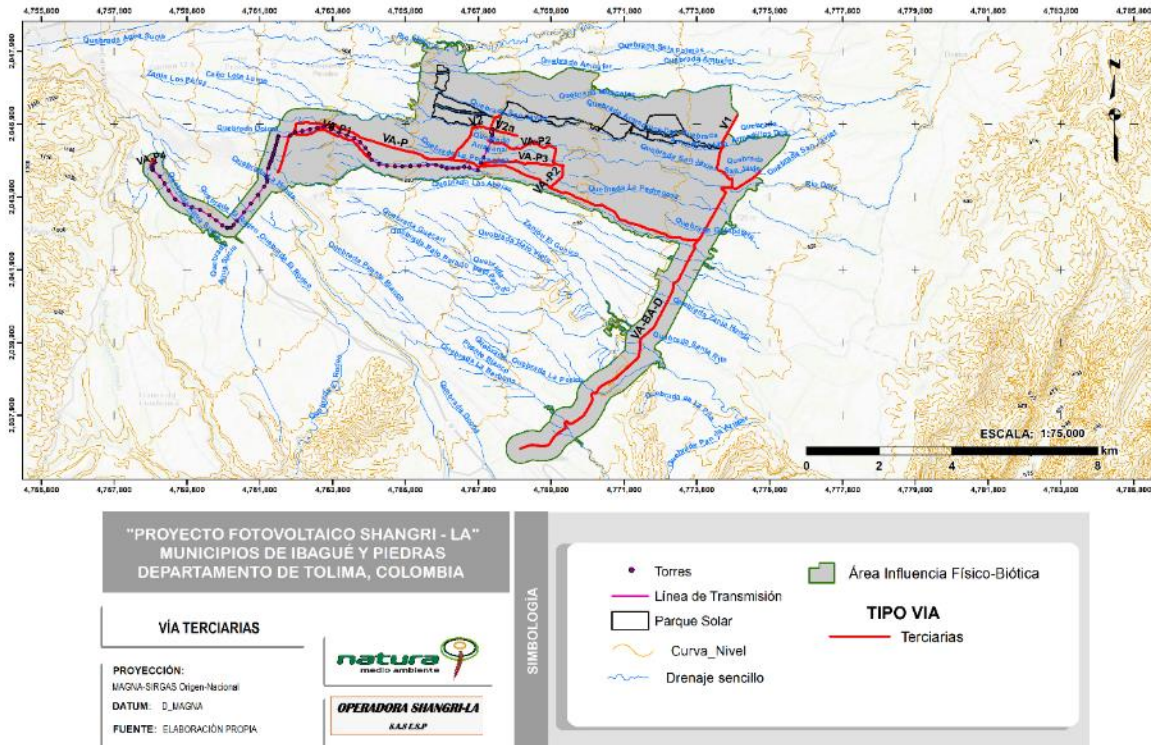


Figura 3.9 Vía terciarias en el área de influencia del Proyecto

Fuente: H&U INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Las vías terciarias se describen a continuación:

➤ **VA-BA-D: Vía Pública de Acceso Buenos Aires – Doima**

La vía VA-BA-D es una vía pública que se usará para el acceso al área del Parque Solar. Se conecta con la vía primaria TV-40-04 al sur del área de influencia físico-biótica y de allí sigue al nororiente en dirección a Doima. Tiene una longitud de 11.2518 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo 4 de calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria. La vía tiene su superficie de rodadura en afirmado, es transitable en todo el año y es de orden nacional; su ancho oscila entre los 5 y 7 metros. En la Fotografía 3.2-12 y Fotografía 3.2-13 se presentan tomas de la vía.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-12 Vía VA-BA-D vista a superficie de rodadura**

Este: 4773168.669, Norte: 2041539.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-13 Vía VA-BA-D con tráfico de camiones**

Este: 4773366.62, Norte: 2041766.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

➤ **V1: Vía interna existente de acceso al proyecto**

La vía V1 es una vía existente que será usada como acceso al área del proyecto. Se conecta con la vía VA-BA-D al oriente del AI y de allí sigue al noroccidente en dirección al Proyecto. Tiene una longitud de 2.4151 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo



5 de calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria privada. La vía tiene su superficie de rodadura en afirmado, es transitable en todo el año y es de tipo privada. En la Fotografía 3.2-14 y Fotografía 3.2-15 se presentan tomas de la vía.



**Fotografía 3.2-14 Vía V1 vista a superficie de rodadura**

Este: 4774509.822, Norte: 2045252.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-15 Vía V1 movilización maquinaria agrícola**

Este: 4774488.636, Norte: 2044599.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

➤ **VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña**

La vía VA-P se clasifica como terciaria después de su primer tramo en el sector del centro poblado de Picaleña. Esta vía se clasifica como de tipo 4 según el IGAC en calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria. Tiene superficie de rodadura en afirmado, es transitable en todo el año y es de orden veredal. El ancho de la carretera oscila entre 4 y 5 metros. En la Fotografía 3.2-16 y Fotografía 3.2-17 se presentan imágenes de la vía.



**Fotografía 3.2-16 Vía VA-P vista a superficie de rodadura**

Este: 4762826.172, Norte: 2045911.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-17 Vía VA-P fin en cruce con vía VA-BA-D**

Este: 4773874.278, Norte: 2042749.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

➤ **VA-P1: Acceso torres 8 a 22**

El sendero VA-P1 es el resultado de la movilización de tractores a borde de cultivos de arroz en un predio privado (El Escobal). Este sendero se clasifica como de tipo 7, según el IGAC y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria privada. Tiene superficie de rodadura en terreno natural intervenido, sin adecuación, este sendero es utilizado por los cultivadores de arroz para acceder a los lotes movilizándose en tractores. En la Fotografía 3.2-16 y Fotografía 3.2-17 se presentan imágenes del sendero.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-18 Ramal VA-P1 vista a superficie de rodadura**

Este: 4763177.7, Norte: 2045636.1.

OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).



**Fotografía 3.2-19 Ramal VA-P1 vista general**

Este: 4763481.9, Norte: 2045745.2

OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

➤ **VA-P2: Acceso sur inicio Línea de Transmisión**

La vía VA-P2 está compuesta por dos tramos: el primero por una vía en afirmado de 0,941 km de longitud clasificado como tipo 4 según el IGAC; y el segundo tramo es un sendero de 2,820 km de longitud, en terreno natural, resultado de la movilización de tractores a borde de cultivos de arroz en un predio privado, clasificado como de tipo 7

según el IGAC. Según el INVIAS la totalidad del acceso VA-P2 se clasifica como vía terciaria privada. En la Fotografía 3.2-16 y Fotografía 3.2-17 se presentan tomas de la vía en afirmado perteneciente a VA-P2.



**Fotografía 3.2-20 Ramal VA-P2 inicio tramo**

Este: 4769750.3, Norte: 2044156.1.

OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).



**Fotografía 3.2-21 Ramal VA-P2 vista general**

Este: 4770027.10, Norte: 2044388.11

OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

➤ **VA-P3: Ramal desprendido de VA-P2**

La vía VA-P3 es un sendero de 2,114 km de longitud en terreno natural, resultado de la movilización de tractores a borde de cultivos de arroz en un predio privado, clasificado como de tipo 5, según el IGAC. Según el INVIAS la totalidad del acceso VA-P23 se clasifica como vía terciaria privada.

➤ **VA-P4: Acceso sur inicio línea de transmisión**

La vía VA-P4 es un sendero de 0.214 km de longitud en terreno compuesto por dos ramales, clasificado como de tipo 6 según el IGAC. Según el INVIAS la totalidad del acceso VA-P4 se clasifica como vía terciaria.

➤ **V2: Ramal privado de acceso Picaleña**

La vía V2 es una vía de acceso al área del Proyecto. Se conecta con la vía terciaria VA-P al occidente del AI y de allí sigue al norte en dirección al Proyecto. En el área de influencia físico-biótica tiene una longitud de 2,1237 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo 4 y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria privada. La vía tiene su superficie de rodadura en afirmado, es transitable en todo el año y es de tipo privada. En la Fotografía 3.2-22 y Fotografía 3.2-23 se presentan tomas de la vía.



**Fotografía 3.2-22 Vía V2 cruce vial con vía VA-P**

Este: 4766987.697, Norte: 2044935.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-23 Vía V2 vista a Portón de acceso a predio privado**

Este: 4767642.69, Norte: 2045789.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

➤ **V2a: Carreteable desprendido de ramal V2**

La vía V2a se conecta con el acceso occidental al área del Parque Solar. Se desprende o conecta con la vía V2 y sigue al oriente del área de influencia físico-biótica. Tiene una longitud de 0.7612 km en la zona de interés del Proyecto, se clasifica según el IGAC como vía tipo 6 y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria privada. La vía tiene su superficie de rodadura en terreno natural, es transitable en tiempo seco y es de tipo privada. En la Fotografía 3.2-24 y Fotografía 3.2-25 se presentan tomas de la vía.



**Fotografía 3.2-24 Vía V2a vista a portón de lote**

Este: 4768327.941, Norte: 2045701.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-25 Vía V2a vista a superficie de rodadura terreno natural**

Este: 4768854.269, Norte: 2045580.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).






### 3.2.1.2.2 Estructuras hidráulicas existentes en vías

Se reconocieron las estructuras hidráulicas existentes en los corredores susceptibles de uso, a saber, los corredores: VA-BA-D, V1, VA-P, V2 y V2a. En la Tabla 3.2-5 y Figura 3.10 se presentan las estructuras hidráulicas levantadas.



**Tabla 3.2-5 Estructuras hidráulicas levantadas en campo**

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
1	EST - AL-T- 40-LT - K0+247. 5	4761154,25	2043223,97	Box couvert.	AL-T-40-LT	K0+247.5		
2	EST - AL-T- 40-LT - K1+183	4762339,17	2045699,12	Alcantarilla 36"	AL-T-40-LT	K1+183		




Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
3	EST - AL-T-40-LT - K1+460	4762362,08	2045972,41	Box couvert	AL-T-40-LT	K1+460		
4	EST - AL-T-40-LT - K1+669.5	4762005,98	2044354,26	Box couvert.	AL-T-40-LT	K1+669.5		
5	EST - V1 - K0+093.7	4774574,04	2044523,79	Estructura híbrida. Batea y parte inferior 3 tubos de 12"	V1	K0+093.7	OC-E14	

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
6	EST - V1 - K0+995	4774514,15	2045253,99	Alcantarilla doble 24" y box 0.6x0.6	V1	K0+995		
7	EST - V2 - K0+156	4767137,86	2045001,68	Alcantarilla doble de 24"	V2	K0+156	OC-E19	
8	EST - V2 - K0+358. 5	4767228,31	2045182,66	Alcantarilla 24"	V2	K0+358.5		


Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
9	EST - V2 - K1+121.6	4767644,51	2045793,60	Pontón en arco inferior. 6 m ancho y 2.5m alto	V2	K1+121.6	OC-E20	
10	EST - V2 - K1+348.5	4767864,31	2045832,39	Alcantarilla 24"	V2	K1+348.5		
11	EST - V2 - K2+109.5	4768373,49	2046128,36	Pontón	V2	K2+109.5		




Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
12	EST - VA-BA- D - K0+527	4769458,78	2037060,82	Estructura híbrida. Batea y Alcantarilla de 24"	VA-BA-D	K0+527		
13	EST - VA-BA- D - K0+921	4769798,31	2037183,64	Alcantarilla doble 24"	VA-BA-D	K0+921		
14	EST - VA-BA- D - K1+220. 5	4769996,00	2037405,00	Batea	VA-BA-D	K1+220.5	OC-E1	

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
15	EST - VA-BA- D - K1+472	4770197,97	2037555,23	Alcantarilla doble 24"	VA-BA-D	K1+472	OC-E2	
16	EST - VA-BA- D - K1+650	4770192	2037722,00	Pontón 3x2.5 m	VA-BA-D	K1+650	OC-E3	
17	EST - VA-BA- D - K2+236. 5	4770679,15	2037886,28	Alcantarilla 36"	VA-BA-D	K2+236.5		

Ibagué y Piedras (Tolima)




ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
18	EST - VA-BA- D - K3+005. 7	4771002,82	2038503,22	Estructura hídrica. Batea y alcantarilla triple de 36"	VA-BA-D	K3+005.7	OC-E4	
19	EST - VA-BA- D - K4+673	4772210,73	2039588,06	Box couvert	VA-BA-D	K4+673		
20	EST - VA-BA- D - K5+010	4772231,00	2039918,00	Box de 0.8x0.6 m	VA-BA-D	K5+010	OC-E5	

Ibagué y Piedras (Tolima)




ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
21	EST - VA-BA- D - K5+070	4772251,00	2039974,00	Alcantarilla múltiple 10 tubos de 24"	VA-BA-D	K5+070	OC-E6	
22	EST - VA-BA- D - K6+308. 5	4772962,34	2040962,96	Box 3x1.5	VA-BA-D	K6+308.5		
23	EST - VA-BA- D - K6+915. 5	4773153,00	2041528,00	Alcantarilla quintuple 24" en dos líneas. Línea superior 3 tubos, inferior 2 tubos.	VA-BA-D	K6+915.5	OC-E8	






Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
24	EST - VA-BA- D - K7+675. 2	4773559,41	2042142,22	Estructura híbrida. Batea y alcantarilla doble 24"	VA-BA-D	K7+675.2	OC-E9	
25	EST - VA-BA- D - K7+767. 5	4773601,31	2042224,43	Batea	VA-BA-D	K7+767.5		
26	EST - VA-BA- D - K8+090	4773747,00	2042512,00	Alcantarilla triple 24"	VA-BA-D	K8+090	OC-E10	




Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
27	EST - VA-BA- D - K8+267	4773795,17	2042657,20	Alcantarilla 24"	VA-BA-D	K8+267		
28	EST - VA-BA- D - K8+619	4773992,42	2042945,81	Alcantarilla cuádruple de 24"	VA-BA-D	K8+619	OC-E11	
29	EST - VA-BA- D - K9+347. 3	4774349,34	2043580,05	Alcantarilla doble 24"	VA-BA-D	K9+347.3	OC-E12	

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
30	EST - VA-BA- D - K10+09 1	4774545,24	2044152,87	Estructura híbrida. Batea y Alcantarilla quintuple de 24"	VA-BA-D	K10+091	OC-E13	
31	EST - VA-P - K0+027. 5	4762307,72	2044595,07	Box 1x1m	VA-P	K0+027.5	OC-E15	
32	EST - VA-P - K0+342. 5	4762414,00	2044890,00	Alcantarilla de 24"	VA-P	K0+342.5	OC-E16	

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
33	EST - VA-P - K0+489. 5	4762457,39	2045030,19	Box 1x1 m	VA-P	K0+489.5	OC-E17	
34	EST - VA-P - K1+183. 2	4762705,43	2045643,96	Estructura híbrida. Batea y alcantarilla séxtuple de 24"	VA-P	K1+183.2	OC-E18	
35	EST - VA-P - K1+502. 5	4762833,04	2045915,10	Box 0.8x0.6	VA-P	K1+502.5		

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTRUCTURA	VÍA	ABSCISA	OCUPACIÓN	FOTOGRAFÍA
36	EST - VA-P - K5+389	4766528,00	2044938,00	Box 1x1	VA-P	K5+389		
37	EST-VA- P2	4770028,00	2044391,00	Batea	VA-P2	K0+360		

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

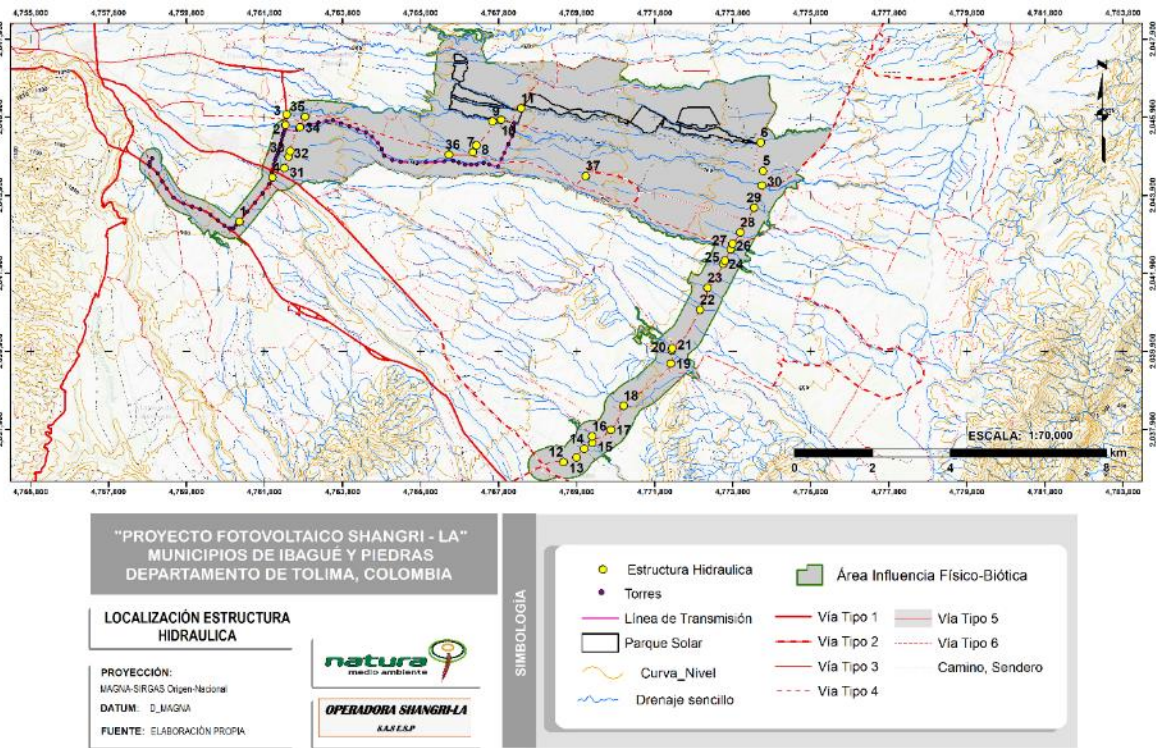


Figura 3.10 Localización estructuras hidráulicas levantadas en campo

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.3 Infraestructura social y/o productiva asociada o no al Proyecto

Se realizó el reconocimiento de la infraestructura social y/o productiva en el área de influencia físico-biótica, la cual, en general no sería impactada de manera directa con el desarrollo del Proyecto. A continuación, se describe la infraestructura existente.

#### 3.2.1.3.1 Infraestructura social

Desde la infraestructura social se encontraron centros poblados, caseríos, un acueducto, estación de policía y una iglesia. En la Tabla 3.2-6 y Figura 3.11 se presentan los puntos de control levantados en campo.

**Tabla 3.2-6 Infraestructura social levantada en campo**

<b>NOMBRE</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>
<b>Edificación.</b>	4769911	2037308
<b>Edificación.</b>	4769911	2037308
<b>Edificación.</b>	4769911	2037308
<b>Edificación.</b>	4769911	2037307
<b>Edificación.</b>	4770142	2037505
<b>Edificación.</b>	4770141	2037505
<b>Edificación.</b>	4770141	2037505
<b>Edificación.</b>	4772144	2039444
<b>Edificación.</b>	4772145	2039445
<b>Edificaciones.</b>	4774488	2045386
<b>Edificaciones.</b>	4767749	2045658
<b>Edificaciones.</b>	4767749	2045658
<b>Edificaciones.</b>	4768342	2045601
<b>Edificaciones.</b>	4768341	2045602
<b>Edificaciones.</b>	4768338	2045603
<b>Edificaciones.</b>	4767975	2045750
<b>Edificaciones.</b>	4770922	2038389
<b>Edificaciones.</b>	4762305	2044570
<b>Edificaciones.</b>	4774512	2045328
<b>Granja Pedregal. San Marino.</b>	4769943	2037349
<b>Parroquia Cristo Rey con parqueadero. Red eléctrica de baja tensión.</b>	4762303	2044570
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773743	2042529
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773779	2042521
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773743	2042513
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773744	2042511
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773753	2042516
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773753	2042517
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773751	2042514
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773751	2042514
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4773752	2042513
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4762313	2044595
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4762313	2044593
<b>Tubería elevada de acueducto</b>	4762311	2044592

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)
Estación de Policía Buenos Aires.	4768933	2036992

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

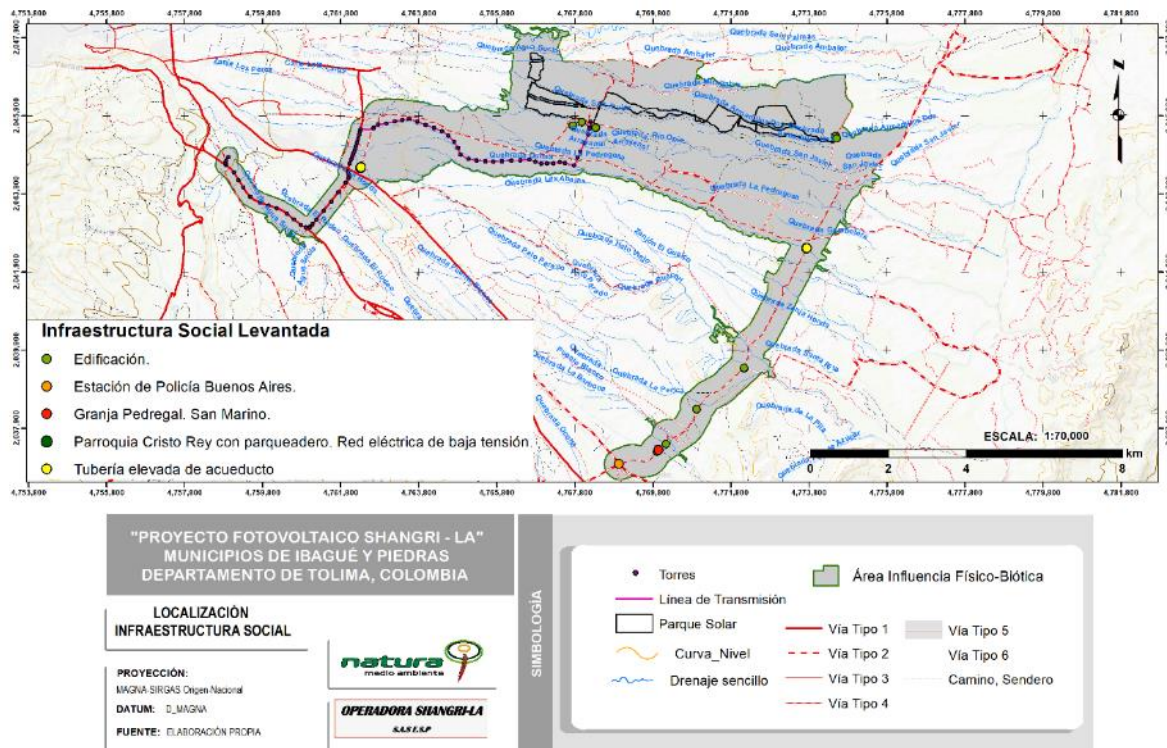


Figura 3.11 Localización infraestructura social

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.3.2 Infraestructura productiva

Desde la infraestructura productiva se encontraron instalaciones agroindustriales constituidas por silos de arroz vistas en las coordenadas 4774647E, 2044431N (Molino Federal). En la Figura 3.12 se presenta el punto de control levantado en campo y en la Fotografía 3.2-26 se presentan los silos.



Ibagué y Piedras (Tolima)

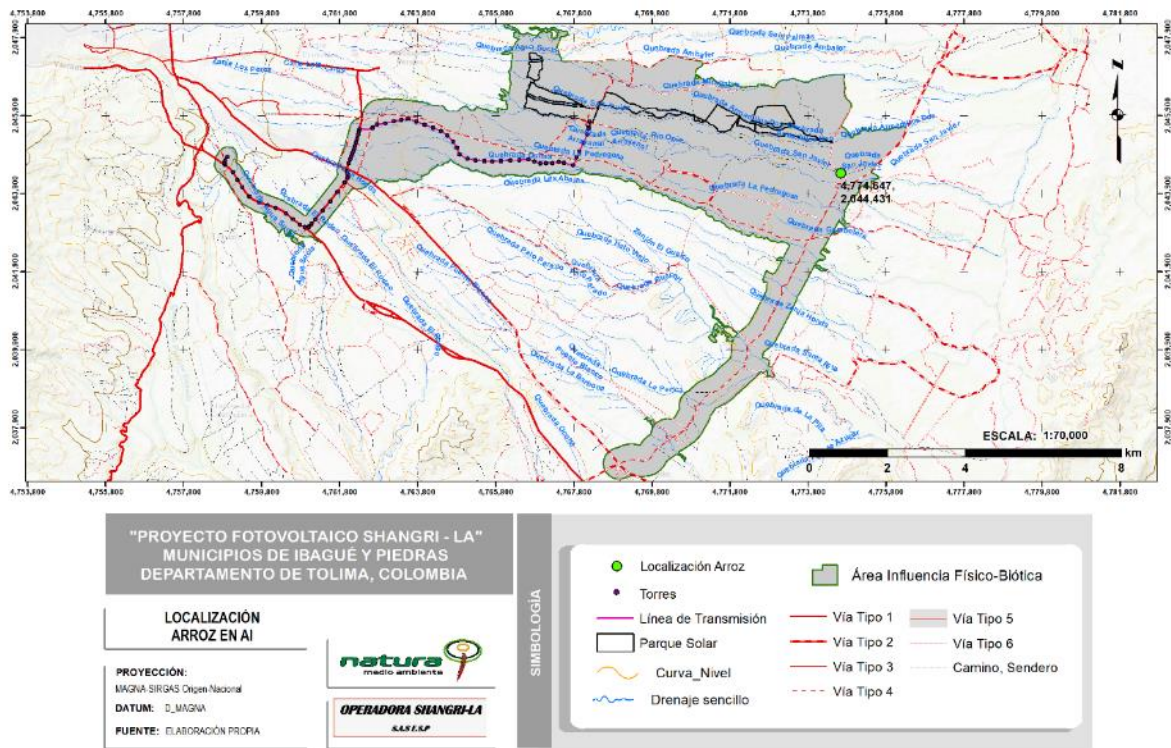


Figura 3.12 Localización silos de arroz en el área de influencia

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



Fotografía 3.2-26 Silos de arroz en el área de influencia

Este: 4774647, Norte: 2044431.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.3.3 Infraestructura petrolera identificada en el AI

En cuanto a la infraestructura petrolera, se encontraron líneas de flujo que recorren el área de influencia paralelos al corredor vial Buenos Aires – Doima. En la Tabla 3.2-7 y Figura 3.13 se presentan los puntos de control levantados en campo.

**Tabla 3.2-7 Puntos de control de gasoductos en el área de influencia**

NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)
Señalización "Cruce gasoducto".	4770928	2038362
Acceso caseta válvula Las Pollitas línea poliducto Salgar - Gualanday 12" KM153+471.	4773868	2042740

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Esta información fue corroborada con los Proyectos licenciados por la ANLA donde se encontraron tres expedientes que se relacionan en la Tabla 3.2-8 y Figura 3.13 (Detalles en Capítulo 12).

**Tabla 3.2-8 Gasoductos en el área de influencia**

EXPEDIENTE	OPERADOR	PROYECTO
LAM0069	TRANSPORTADORA DE GAS INTERNACIONAL TGI SA ESP	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL GASODUCTO CENTRO ORIENTE
LAM0022	HOCOL S.A.	OLEODUCTO DEL VALLE DEL MAGDALENA TENAY VASCONIA COVEÑAS
LAM0170	ECOPETROL S.A. y CENIT Transporte Y Logistica De Hidrocarburos S.A.S	POLIDUCTO GUALANDAY NATAGAIMA (CRUCE RIO SALDAÑA)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. Y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

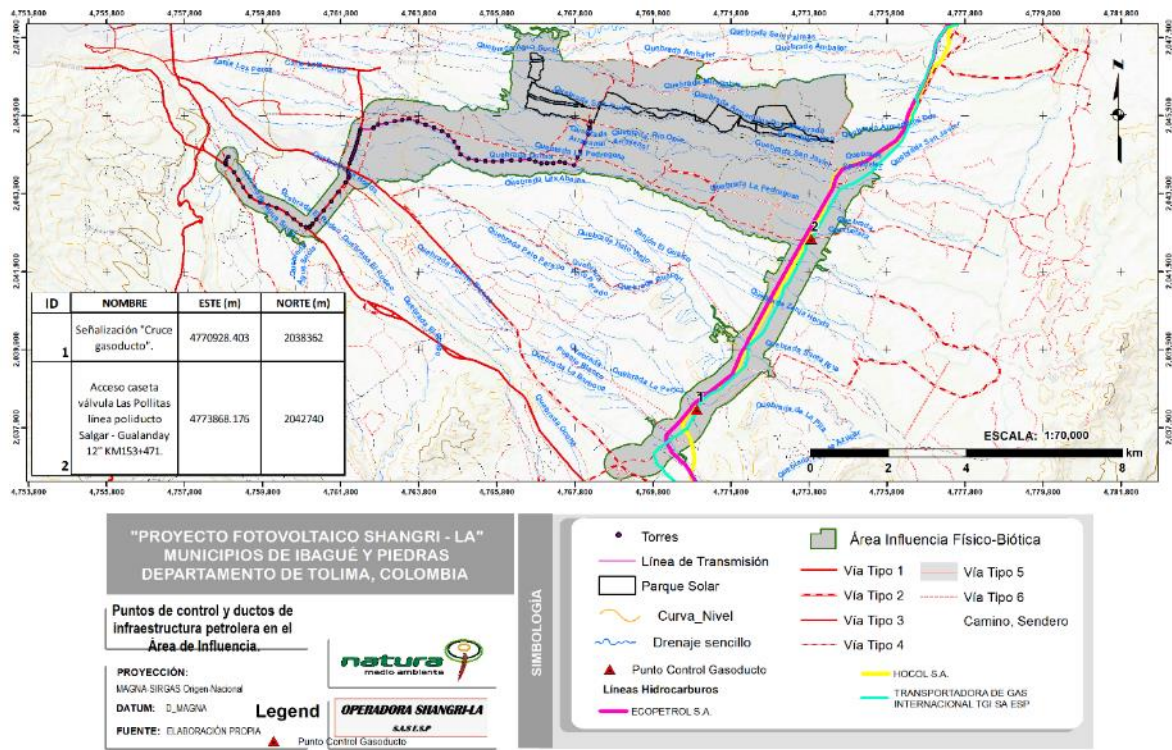


Figura 3.13 Localización puntos de control y lineamientos ductos de infraestructura petrolera en el área de influencia

Fuente: modificado de EPIS<sup>10</sup> por OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. Y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

<sup>10</sup> Se refiere al banco de información petrolera alojado en la URL: <https://www.anh.gov.co/Banco%20de%20informacion%20petrolera/EPIS>

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-27 Cruce gasoducto localizado en el área de influencia**

Este: 4774647, Norte: 2044431.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.4 Infraestructura del Sistema Interconectado Nacional en el área de influencia del Proyecto

Se hizo un reconocimiento de la infraestructura eléctrica, reconociendo que existe una red eléctrica de baja tensión que transporte el fluido eléctrico hacia la zona rural del área de influencia, así mismo, se reconocieron torres de media tensión que llegan a la subestación Mirolindo.

#### 3.2.1.4.1 Proyectos eléctricos licenciados en el AI

Se identificó un Proyecto eléctrico que se superpone con el área de influencia físico-biótica del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La (detalles en Capítulo 12). Esta es la "Línea de interconexión eléctrica Betania-Mirolindo" que cuenta con licencia ambiental activa en el expediente LAM0304 de la ANLA, su administración y desarrollo está a cargo de Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (ISA). En la Figura 3.14 se presenta la ubicación de esta línea eléctrica con respecto al área de influencia del Proyecto. Se reconoce que la superposición se da únicamente a nivel de área de influencia, no por intercepción de obras concretas; y corresponde a la

cercanía de llegada a la subestación Mirolindo, conexión aprobada por la UPME para el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, recibió concepto favorable de la UPME para la conexión a la subestación Mirolindo a 230kV, mediante Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020 y cuenta con contrato de conexión vigente N° 4010165 de febrero de 2021.

Ibagué y Piedras (Tolima)

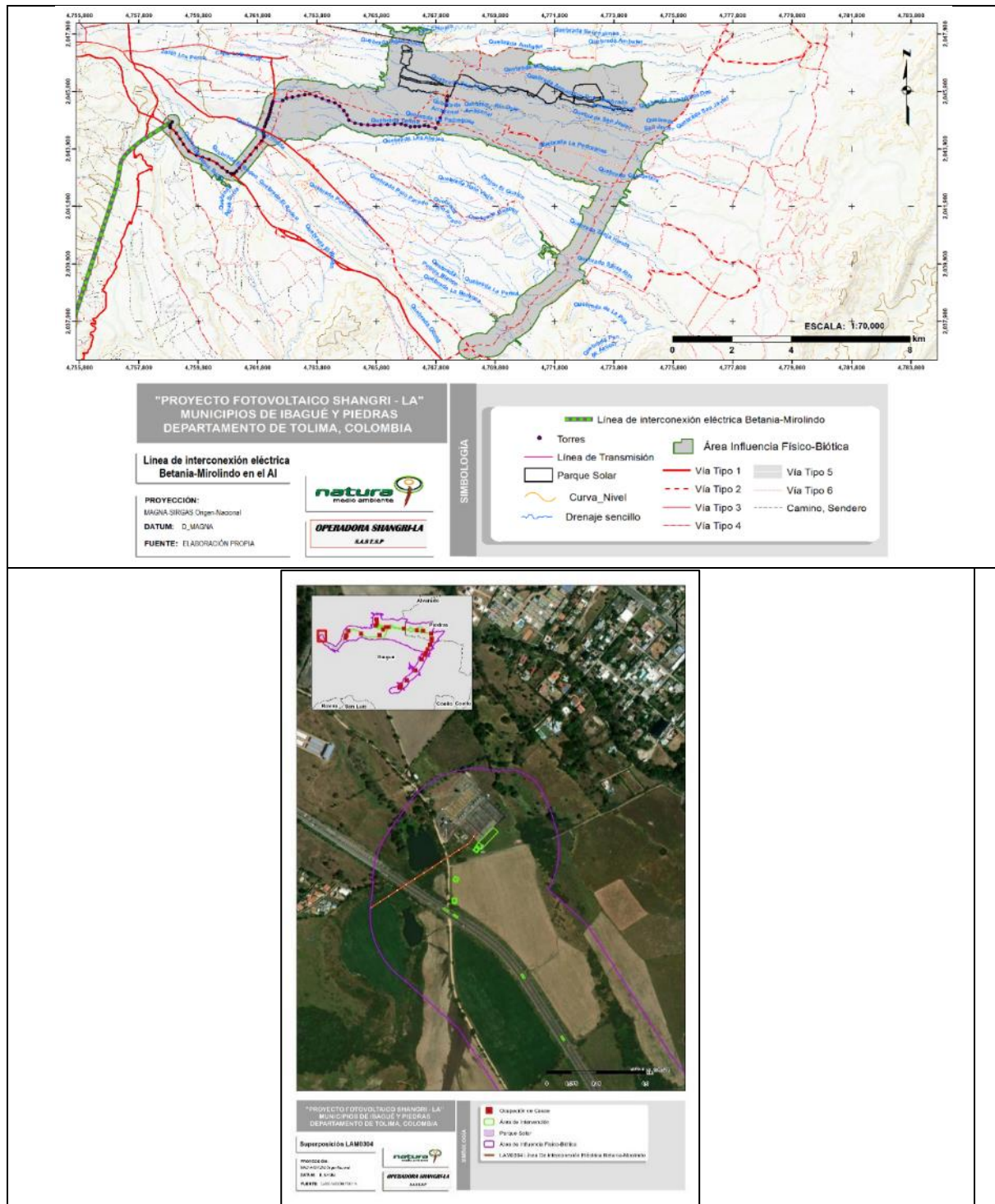


Figura 3.14 Localización línea de interconexión eléctrica Betania-Mirolindo en el área de influencia  
Fuente: modificado del visor de Proyectos de la ANLA por OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### 3.2.1.4.2 Red de baja, media y alta tensión

Los puntos de control de la red eléctrica reconocidos en campo se presentan en la Tabla 3.2-9 y en la Figura 3.15 se presentan los alineamientos de la red eléctrica existente en el área de influencia.

Tabla 3.2-9 Puntos de control de la red eléctrica

NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)
Red eléctrica de baja tensión.	4762169	2045106
Red eléctrica de baja tensión.	4762076	2044847
Red eléctrica de baja tensión.	4762435	2044307
Red eléctrica de baja tensión.	4762585	2044222
Red eléctrica de baja tensión.	4762633	2044187
Red eléctrica de baja tensión.	4762724	2044110
Red eléctrica de baja tensión.	4776297	2045480
Red eléctrica de baja tensión.	4776252	2045382
Red eléctrica de baja tensión.	4776194	2045272
Red eléctrica de baja tensión.	4775047	2044229
Red eléctrica de baja tensión.	4774489	2044599
Red eléctrica de baja tensión.	4774351	2044712
Red de baja tensión.	4772497	2045111
Poste, red eléctrica	4762772	2045765
Poste, red eléctrica	4762773	2045774
Poste, red eléctrica	4762777	2045823
Red eléctrica de baja tensión.	4762255	2044417
Red eléctrica de baja tensión.	4762254	2044418
Red eléctrica de baja tensión.	4762254	2044420
Red eléctrica de baja tensión.	4758661	2045108
Alumbrado público. Red eléctrica de baja tensión.	4768932	2036991
Alumbrado público. Red eléctrica de baja tensión.	4768932	2036991
Alumbrado público. Red eléctrica de baja tensión.	4768932	2036991
Alumbrado público. Red eléctrica de baja tensión.	4768933	2036992
Alumbrado público. Red eléctrica de baja tensión.	4768984	2036996
Red eléctrica de baja tensión.	4769012	2037004
Alumbrado público. Red eléctrica de baja tensión.	4769010	2037002
Red eléctrica de baja tensión.	4769009	2037002
Red eléctrica de baja tensión. Casa.	4769562	2037049

NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)
Red eléctrica de baja tensión. Edificaciones.	4770385	2037675
Red eléctrica de baja tensión. Portón.	4770683	2037890
Red eléctrica de baja tensión.	4770781	2038032
Red eléctrica de baja tensión.	4770779	2038031
Edificaciones. Red de baja tensión.	4772310	2040050
Edificaciones. Red de baja tensión.	4772317	2040056
Red de baja tensión.	4772329	2040066
Red eléctrica de baja tensión. Tejido urbano.	4762238	2044416
Red eléctrica de baja tensión. Tejido urbano.	4762238	2044417
Red eléctrica de baja tensión. Tejido urbano.	4762239	2044418
Red eléctrica de baja tensión. Tejido urbano.	4762230	2044421
Red eléctrica de baja tensión. Tejido urbano.	4762229	2044421
Red eléctrica de baja tensión. Tejido urbano.	4762200	2044441
Red eléctrica de baja tensión. Tejido urbano.	4762189	2044453
Antena telecomunicaciones. Red eléctrica de baja tensión.	4762485	2045135
Antena telecomunicaciones. Red eléctrica de baja tensión.	4762485	2045135
Red eléctrica de baja tensión.	4762411	2044880
Red eléctrica de baja tensión.	4762303	2044570
Red eléctrica de baja tensión.	4762304	2044569
Red eléctrica de baja tensión.	4774435	2045125
Red eléctrica de baja tensión.	4774436	2045128
Red eléctrica de baja tensión.	4772166	2045892
Red eléctrica de baja tensión.	4761949	2044235
Red eléctrica de baja tensión.	4761949	2044235
Red eléctrica de baja tensión.	4761912	2044186
Red eléctrica de baja tensión.	4761884	2044150
Red eléctrica de baja tensión.	4761865	2044126

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



Ibagué y Piedras (Tolima)

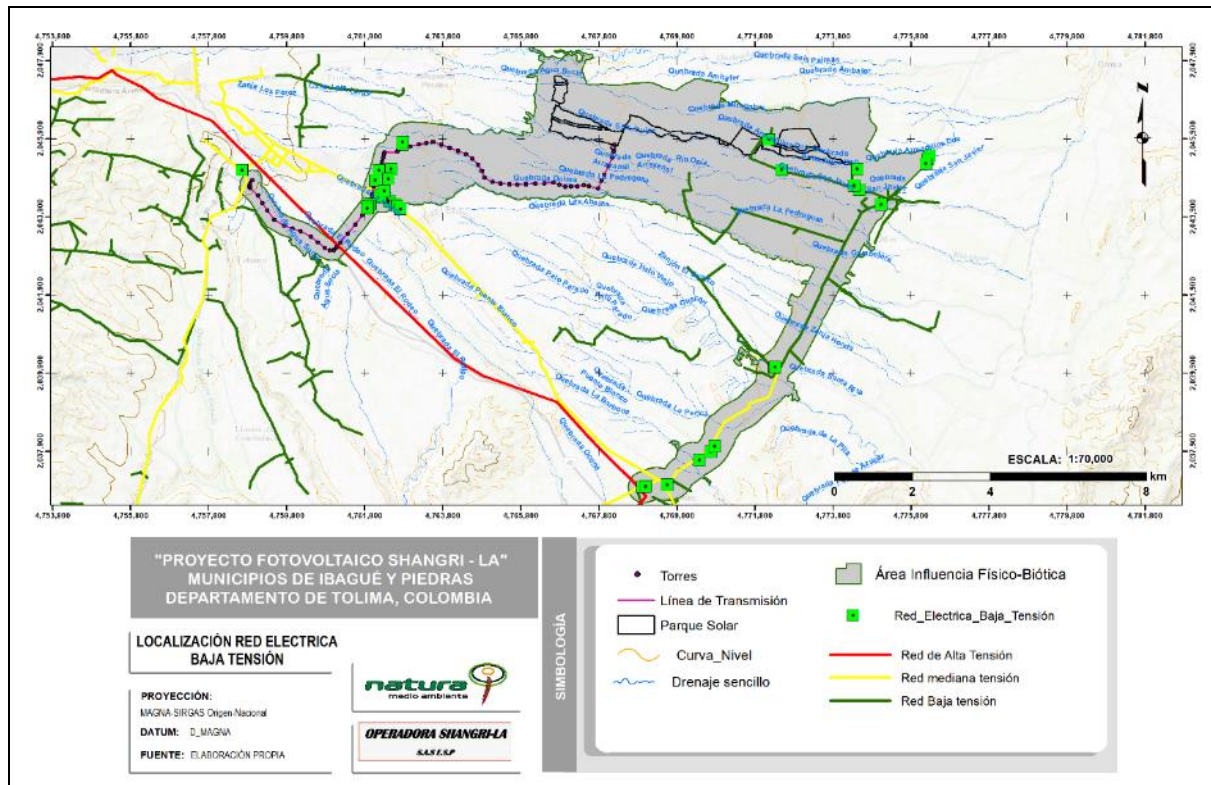


Figura 3.15 Localización redes eléctricas en el área de influencia

Fuente: modificado del POT de Ibagué por H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



Fotografía 3.2-28 Red de baja tensión en el área de influencia

Este: 4772497.18, Norte: 2045111.  
Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.1.4.3 Subestación eléctrica Mirolindo

La subestación Mirolindo administrada por Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (ISA) se encuentra al final de la línea eléctrica del Proyecto, se ubica al extremo más occidente del área del Proyecto. En la Figura 3.16 se presenta su localización y en la Fotografía 3.2-27 se presenta una toma exterior de la subestación.

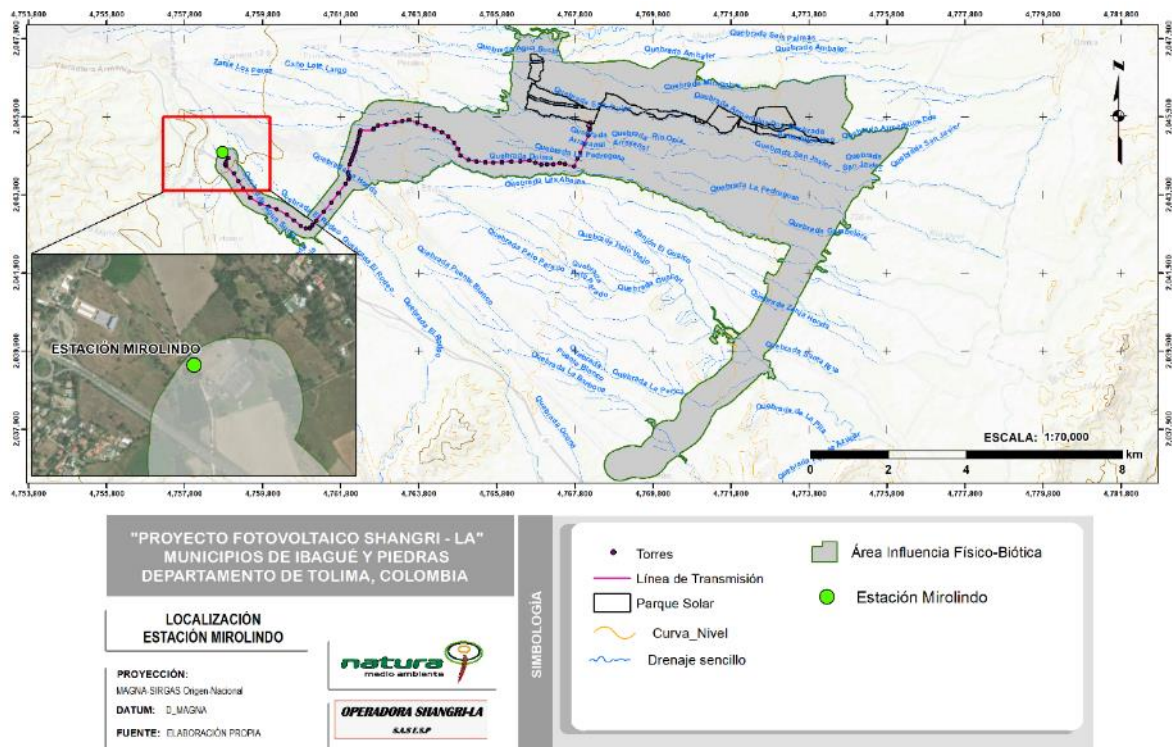


Figura 3.16 Localización estación Mirolindo

Fuente: modificado del POT de Ibagué por H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-29 Subestación eléctrica Mirolindo**

Este: 4758763.433, Norte: 2044996.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

### 3.2.2 Fases y actividades del Proyecto

En la Tabla 3-10 se muestran las etapas identificadas para el Proyecto y sus actividades correspondientes, en el contexto de la evaluación ambiental.

**Tabla 3-10. Etapas y actividades generales del "Proyecto Fotovoltaico Shangri-La " en el marco de la evaluación ambiental**

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
1	ACTIVIDADES TRANSVERSALES	Información y atención a las comunidades y autoridades competentes	Esta actividad se desarrolla en todas las fases del Proyecto. Tiene como objetivo garantizar el derecho a la participación de los actores que hacen presencia en las áreas de influencia del Proyecto; también involucra los mecanismos y procedimientos para recepción y atención de PQRS. Dentro de este grupo de actores, se consideran las administraciones municipales y departamentales, autoridades ambientales, líderes comunitarios, propietarios de predios, agremiaciones y comunidad en general.
2		Contratación de personal	Esta actividad se desarrolla en todas las fases del Proyecto. En términos generales se busca que la mano de obra no calificada que requiera la construcción sea cubierta con personal del área de influencia del Proyecto. Para ello, se concertará con las juntas de acción comunal, la

Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			difusión de las necesidades de contratación, en función de los frentes de trabajo y las necesidades de cada uno de éstos, para la rotación del personal, entre otros.
3	FASE PRECONSTRUCTIVA	Negociación de tierras, predios y servidumbres	Previo al inicio de la etapa constructiva del parque fotovoltaico y su línea de transmisión, se consolida o finaliza el proceso de negociación de predios y servidumbres, para la posterior ejecución de las actividades constructivas.
4		Adquisición de bienes y servicios	Corresponde a la adquisición de todos los elementos necesarios para la construcción y operación del Proyecto; consta de bienes como alimentos, bebidas, materiales para la construcción y servicios como transporte de personal, exámenes médicos, alimentación, hospedaje, entre otros; los cuales se adquirirán en los municipios que hacen parte del área de influencia del proyecto, según disponibilidad. También se incluye la adquisición de equipos del proyecto (paneles, inversores, entre otros).
5	FASE CONSTRUCTIVA	Delimitación de las áreas de intervención, cercado perimetral y topografía	Incluye la delimitación y señalización de las áreas de intervención y zonas de trabajo; el desarrollo del cercado perimetral de manera sectorizada (según avance del frente de obra); así como los estudios de topografía, geotecnia e hidrología de detalle como insumo inicial para la fase de construcción del Proyecto. El cercado perimetral consistirá en la instalación de un cerco formado por apoyos metálicos galvanizados para que sirvan de soporte de la malla de alambre hexagonal galvanizado con una altura de aproximadamente 2 a 3 m, finalizada con tres filas de alambre de púa.
6		Instalación de Campamento provisional en zona del parque solar	Se requiere de la instalación de un campamento-oficina temporal para la empresa contratista encargada de realizar la obra de construcción. Esta oficina se instalará usando casetas o estructuras móviles. Montadas sobre plataformas con ruedas, por lo que para este tipo de casetas no habrá cimentaciones ni afectación al suelo. Una vez concluidos los trabajos, las casetas provisionales serán retiradas en su totalidad. Durante las diferentes etapas constructivas del Proyecto, se colocarán baños químicos portátiles dentro del predio, a los que se les dará el mantenimiento adecuado, a través de la compañía que se contrate para este servicio, evitando de esta forma el vertimiento de aguas

Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
7		Movilización de partes, equipo, vehículos, maquinaria, materiales y personal para el Proyecto fotovoltaico	<p>negras (i.e. disposición de residuos líquidos y sólidos a través de un tercero autorizado que cuente con los permisos vigentes y aplicables).</p> <p>Hace referencia a la movilización de la maquinaria, equipos y personal requeridos para la construcción, principalmente en los dos accesos (occidental y oriental) contemplados para el parque solar, que están conformados por vías rurales existentes en dos sectores denominados en este EIA como "<i>Acceso existente Buenos Aires – Doima</i>" y "<i>Acceso existente Sector Rural Picaleña</i>", los cuáles fueron descritos de manera detallada en el Capítulo 3; así como en las vías internas privadas para uso interno del parque solar.</p> <p>Para el caso de la línea de transmisión, en el sector de la vereda Picaleña, en general, se contempla el uso de accesos existentes (privados) en los predios donde se ubican los puntos específicos de intervención (i.e. torres);</p> <p>Los puntos de torrecillas metálicas y postes (de concreto o metálicos) en la zona urbanizada tienen acceso garantizado en las vías ya construidas de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF de la Concesión San Rafael, donde no se requiere ningún tipo de adecuación vial.</p>
8		Acopio temporal de componentes, materiales y maquinaria para el Proyecto fotovoltaico	<p>Zonas adecuadas dentro del Parque fotovoltaico (i.e. <i>áreas de acopio temporal</i>) para el acopio temporal de componentes, materiales maquinaria y sobrantes de la fase de construcción.</p> <p>Consiste en la instalación temporal de componentes o elementos que permitan coordinar y administrar el desarrollo de la fase de construcción, mediante la instalación opcional de casetas o estructuras móviles, para áreas de reuniones, comedor, así como áreas para el parqueo temporal de vehículos, equipos y maquinarias, áreas que funcionen como sitios para el acopio temporal de equipos, materiales y/o sobrantes. Tienen carácter temporal porque se desmantelarán una vez concluida la fase de construcción del Proyecto.</p>
9		Remoción de la cobertura vegetal y descapote	<p>El desmonte comprende las actividades de remoción de los arbustos, árboles y troncos de las zonas del Proyecto que lo requieran (o aprovechamiento forestal, según aplique); por otro lado, el descapote corresponde la remoción de la cobertura vegetal y de la capa orgánica del suelo; en ambas actividades se tendrá en cuenta lineamientos para la señalización y delimitación de zonas de trabajo.</p>

Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			El aprovechamiento forestal está principalmente asociado a las áreas de intervención del parque solar, ya que la línea de transmisión, en general, estará localizada en zonas altamente intervenidas, con vegetación de bajo porte (e.g. zonas de cultivo y separador vial de la Variante norte de Ibagué 40TLG y la Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael).
10		Desbroce y poda de la línea de transmisión	En algunos casos se requiere el desbroce y poda de la vegetación presente en la franja de servidumbre o derecho de vía de la línea de transmisión, que intercepte con la construcción u operación de la línea de transmisión (i.e. torres y postes), de forma que permita las labores de tendido del conductor y cable de guarda y no genere acercamientos (romper la distancia de seguridad) durante la etapa operativa, hecho que depende del tipo y altura de la vegetación, según los criterios del reglamento RETIE <sup>12</sup> .
11		Movimientos de tierra, excavaciones, compactación y nivelación del parque solar	Los movimientos de tierra se presentarán tanto en la adecuación de vías internas del parque, para crear una superficie lo suficientemente homogénea y compacta que permita el tránsito de vehículos y maquinaria de construcción, como en la adecuación del terreno para la instalación de los componentes del parque fotovoltaico, para eliminar aquellos desniveles que no permitan la instalación de los seguidores. Adicionalmente, para crear una superficie firme y homogénea, con la compactación y resistencia mecánica adecuada, que permita la ejecución de cimentaciones. La nivelación y compactación consistirá en la conformación de terraplenes, para crear una plataforma firme, estable y homogénea sobre la que se instalará el parque fotovoltaico. Posterior al desmonte y terraplenado, se realizará la compactación del terreno hasta alcanzar el grado de compactación de acuerdo con las especificaciones de diseño del Proyecto. Cabe mencionar, que debido a que el terreno destinado para el desarrollo del Proyecto se emplaza sobre una superficie horizontal, la distribución de los paneles se adaptará a la

<sup>12</sup> i.e. Lo dispuesto en los numerales 13.1 y 13.2 del Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) de la Resolución 90708 de agosto 30 de 2013.

Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			<p>topografía general del terreno, implicando una mínima nivelación de éste.</p> <p>De acuerdo con las recomendaciones geotécnicas, los rellenos serán ejecutados con material procedente de los movimientos de tierra, utilizándose en primer lugar los materiales más profundos. La compactación se hará de tal forma que se garantice una compactación uniforme en toda el área del relleno.</p> <p>Los residuos de manejo especial que se espera generar en el desarrollo del Proyecto serán de origen vegetal producto del desmonte, descapote y movimiento de tierras, y serán empleados en el mismo sitio como mejorador de suelo y en caso de exceder la cantidad requerida, serán dispuestos o donados para que se incorpore la materia orgánica al suelo, previa autorización de la autoridad municipal.</p> <p>Teniendo en cuenta las características físicas del área de intervención y las obras y actividades comunes al Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, para la ejecución del Proyecto No se requiere la adecuación de zonas de disposición de material sobrante de excavación (Zodmes). El material sobrante que, por sus características geotécnicas no pueda ser reutilizado en las mismas actividades del Proyecto, será dispuesto en las zonas de acopio temporal y posteriormente entregado a terceros que cuenten con las licencias y/o permisos vigentes y aplicables para su transporte y disposición final en sitios autorizados.</p>
12		Excavación, Apertura de Zanjas, cimentación, relleno y compactación de materiales de la línea de transmisión y Bahía de Conexión	<p>La excavación local se realiza sobre el área previamente demarcada, de acuerdo con los planos de diseño de la línea. Esta labor puede realizarse a mano o con maquinaria, dependiendo del tipo de materiales presentes. De acuerdo con las características propias de los materiales de fundación de cada torre, torrecilla de transición o poste (metálico o concreto), se establece el tipo de cimentación a utilizar. Para cada tipo de cimentación se prepara un plan específico que establecerá con precisión las diferentes necesidades para cada sector.</p> <p>Antes de que la línea de transmisión intercepte la Variante norte de Ibagué 40TLG (Sentido Parque - Subestación Mirolindo), se realizará la apertura de una zanja para el tendido de conductores de manera subterránea, dado que inicia la zona urbana de la cabecera municipal de Ibagué.</p>

Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			<p>En algunos puntos de cruce subterráneo sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF de la Concesión San Rafael, se utilizará el método de perforación subterránea dirigida, donde al inicio y final de cada tramo se construirá una caja de tiro en concreto con tapa de seguridad, cada caja tendrá una dimensión que permita la transición del cable subterráneo al cable adosado al poste, para posteriormente hacer la transición al cable aéreo. En cada caja se hará el sistema de puesta a tierra.</p> <p>Una vez terminadas las obras de cimentación se procede al relleno de la excavación realizada, utilizando los materiales adecuados procedentes de la misma excavación (preferiblemente). Los materiales deben ser seleccionados evitando la ubicación de bloques de roca o materiales orgánicos que no permitan la adecuada compactación de los materiales de relleno.</p>
13		Apertura de zanjas e instalación de cableado del parque fotovoltaico.	Consiste en la labor de apertura de una sección del terreno donde se alojará finalmente el cableado necesario para el parque fotovoltaico.
14		Adecuación de obras hidráulicas para cruces sobre cuerpos de agua naturales, e instalación de puente temporal para el acceso a torres	El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La contempla la adecuación de un total de veintinueve (29) puntos de ocupación de cauce sobre cuerpos de agua superficial, de los cuales diecinueve (19) están asociadas a la adecuación menor de estructuras hidráulicas existentes sobre vías rurales existentes que serán usadas como acceso (i.e. occidental y oriental) al área del Parque Solar, nueve (9) nuevas ocupaciones de cauce necesarias dentro del Parque Solar y una (1) ocupación temporal o intermitente en zona de acceso a puntos de torre.
15		Adecuación / conformación de caminos interiores y accesos del Proyecto Fotovoltaico	Comprende el mejoramiento opcional y puntual (i.e. recebo local y adecuación de algunas ocupaciones de cauce existentes) de las características actuales de los dos accesos (occidental y oriental) contemplados para el parque solar, que están conformados por vías rurales existentes en dos sectores denominados en este EIA como "Acceso existente Buenos Aires – Doima" y "Acceso existente Sector Rural Picaleña", los cuáles fueron descritos de manera detallada en el Capítulo 3. El área interna del parque solar contará con vías internas



Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			<p>privadas (nuevas) que permitirán la movilización hacia las diferentes zonas del parque.</p> <p>Para el caso de la línea de transmisión, en el sector de la vereda Picaleña, en general, se contempla el uso de accesos existentes (privados) en los predios donde se ubican los puntos de intervención (i.e. torres); con algunos puntos de desmonte y aprovechamiento localizado asociados a las torres 2, 6, 7, 8, 9 y 34 (sin que involucre adecuación de nuevas vías o accesos permanentes).</p> <p>Los puntos de torrecillas metálicas y postes (de concreto o metálicos) en la zona urbanizada tienen acceso garantizado en las vías ya construidas de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF de la Concesión San Rafael, donde no se requiere ningún tipo de adecuación vial.</p>
16		Cimentación y montaje de estructuras de soporte y seguidores del parque solar	<p>Incluye la instalación de cimentaciones para las estanterías donde se instalarán los paneles solares y el montaje de seguidores de los módulos fotovoltaicos, los cuales genera un movimiento en los módulos solares siguiendo la trayectoria del sol durante el día, buscando así, optimizar el ángulo para la llegada de los rayos solares al módulo y generar más electricidad.</p> <p>De igual manera, las cimentaciones para la subestación del parque, los Centros de Inversión – Transformación (AC station), Subestación Eléctrica Elevadora y Centro de Control o Centro de Operación y Mantenimiento.</p>
17		Montaje de paneles e instalación de inversores	<p>Corresponde la instalación de las estructuras de anclaje, armado de estructura de soporte de los módulos solares y seguidores, instalación de paneles, inversores y centros de transformación.</p>
18		Construcción de oficina de operación y mantenimiento del parque solar	<p>Comprende el conjunto de actividades y obras para la construcción del centro de operaciones y mantenimiento u oficina principal y permanente del parque solar.</p>
19		Montaje de subestación y transformadores en Parque Solar	<p>La subestación elevará la tensión de la corriente del parque fotovoltaico a 230 kV, para su posterior evacuación por medio de la línea de transmisión de la misma tensión. Esta instalación será</p>

Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			<p>construida por una empresa que cumpla con las regulaciones, normas y requisitos del gobierno nacional.</p> <p>La construcción se realizará sobre una plancha de concreto y se colocará una capa de 10 cm de grava con la finalidad de filtrar el agua, prevenir la emanación de polvo y dar mayor seguridad eléctrica en las tensiones de paso y contacto de la instalación. Se tomarán precauciones para evitar los encharcamientos de agua en la superficie del terreno, dando una pendiente al mismo.</p> <p>Toda la instalación estará protegida por una valla metálica, con base de obra civil y estará provista de señales de advertencia de peligro por alta tensión, para señalar el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.</p>
20		Montaje de Bahía de conexión, torres y postes: ensamblaje y levantamiento	<p>Corresponde al montaje de los equipos de conexión de la Bahía de Conexión en la subestación Mirolindo y de las estructuras de soporte de la línea de transmisión a excepción de los postes de concreto que no requieren ensamblaje in situ, pues vienen enteros. Estas se transportarán en cantidades de piezas de menor tamaño que serán ensambladas en terreno. Con base en la clase de acceso y modalidad de transporte requeridos en cada sitio de torre para el acarreo adecuado de los materiales y equipos se organiza el programa de transporte.</p> <p>En los sitios de torre se realiza un pre-armado de estructuras, en el cual se arma la parte inferior de la torre y algunos ángulos antes de iniciar el montaje. Luego se realiza el montaje de estructuras iniciando por los ángulos de espera que han de quedar embebidos en concreto, se soportan en la posición apropiada, por medio de una plantilla de acero articulada rígida u otro medio adecuado que permita su instalación dentro de las tolerancias especificadas.</p> <p>Las torres deben ser erguidas por el método de "erección floja" con excepción de los paneles del conjunto inferior de la torre, que deben ser empernados y ajustados inmediatamente, después del ensamblaje y nivelación.</p> <p>Al final de cada cruceta se instala una cadena de aisladores con sus respectivos accesorios y en cada cruceta se pone una polea para el tendido de conductores y cable de guarda. Se arman todas las partes componentes de los ensamblajes, se instalan todos los pasadores</p>

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			necesarios para completar las cadenas de aisladores y verificar que cada ensamblaje este correctamente instalado.
21		Montaje de cables aéreos y subterráneos de la línea de transmisión 230kV	<p>Una vez terminado el montaje de las estructuras de soporte de la línea de transmisión, se iniciará la instalación del conductor. Se elegirán puntos dentro de la franja de seguridad, en lo posible entre estructuras de anclaje, que permitan la instalación del equipo con tramos de tendido lo más extenso posible. En estos puntos se instalarán los principales equipos que se requieren para el tendido: plazas de tendido, portacarrete, carretes con conductor, <i>winches</i>, frenos y equipo auxiliar.</p> <p>Con el fin de evitar los cruces de la línea eléctrica sobre las vías de la concesión y pasos peatonales se propone la construcción de la línea eléctrica subterránea para estos tramos, y con el fin de evitar la excavación de la zanja a cielo abierto, se prioriza el método de excavación dirigida (Perforación Horizontal Dirigida), con el fin de no interrumpir el tránsito de vehículos en ningún momento y evitar el contacto con la estructura del pavimento en las calzadas.</p>
22	FASE OPERATIVA	Generación de energía eléctrica: Operación de paneles, inversores, transformadores, etc.	La operación de las instalaciones del parque solar estará enfocada a la captura de la energía solar mediante los módulos fotovoltaicos, transmisión de la corriente continua hacia los centros inversores para su posterior entrega de la energía eléctrica a la subestación Mirolindo (Ibagué, vereda Alto Combeima).
23		Operación y mantenimiento de caminos interiores y de acceso	Con la finalidad de dar mantenimiento al parque fotovoltaico y realizar labores para su correcto funcionamiento se utilizarán los caminos internos (en predios privados del parque solar) y los dos accesos (occidental y oriental) contemplados para el parque solar, que están conformados por vías rurales existentes en dos sectores denominados en este EIA como " <i>Acceso existente Buenos Aires – Doima</i> " y " <i>Acceso existente Sector Rural Picaleña</i> ". Estos accesos existentes y las vías internas del parque solar operarán durante la vida útil del Proyecto y podrían estar sujetas a mantenimientos menores cuando sea requerido.
24		Mantenimiento de instalaciones del parque solar	Se tendrá personal que estará a cargo de inspecciones periódicas a fin de verificar el adecuado funcionamiento de los sistemas y equipos del Proyecto, así como la generación de energía eléctrica.

Ibagué y Piedras (Tolima)

N	FASE	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
			Esta actividad involucra aspectos como limpieza de paneles solares, mantenimiento de estructuras, módulos, cableado, subestación elevadora, control mecánico de malezas, entre otros.
25		Operación de la línea de transmisión	La línea eléctrica de transmisión de 230 kV operará durante toda la vida útil del Proyecto y su función principal será la de evacuar la energía producida por el parque solar a la Subestación Mirolindo. Corresponde a la puesta en marcha del sistema, esta puede realizarse en dos circunstancias, la primera cuando se pone en funcionamiento inicial al sistema y la segunda cuando hay un disparo de la línea (interrupción del flujo). Esta actividad se realiza desde los tableros de control automatizados ubicados en la subestación.
26		Mantenimiento de la línea de transmisión	Se realizará inspección periódica y mantenimiento preventivo o correctivos y recuperación del servicio por eventos no previstos de la línea eléctrica de transmisión de 230 kV, y cuando se considere aplicable.
27	FASE DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO	Desmantelamiento de infraestructura temporal y permanente.	Finalizada la etapa de construcción se procede a restaurar las instalaciones temporales usadas a las condiciones iniciales, retirando todos los elementos e instalaciones transitorias que sirvieron de apoyo al proceso constructivo, como patios de acopio y zonas de almacenamiento temporal en el parque solar, así como plazas de tendido y áreas de trabajo en la línea de transmisión. Una vez finalizada la etapa de operación del Proyecto, se desarrollarán las actividades de desmantelamiento de la infraestructura permanente. Comprenderá actividades como: desconexión de los módulos fotovoltaicos y cableado eléctrico, desmontaje de paneles y equipos, retiro de estructuras y superficies duras (e.g. centro de operaciones y mantenimiento, cerramiento, caseta vigilancia, cimentaciones para equipos, entre otros) y retiro de conexiones eléctricas.
28		Restauración, cierre y clausura de las áreas del Proyecto	Para alcanzar la restauración, cierre y clausura de las áreas del Proyecto se adoptarán medidas como: restitución morfológica (en caso de requerirla), preparación del suelo (escarificación en zonas compactadas y aplicación de capa con suelo orgánico), corrección de fenómenos erosivos ocasionados por el Proyecto (si aplica), revegetalización y restauración de las áreas intervenidas por el Proyecto.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### 3.2.3 Diseño del Proyecto

El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La comprende la construcción y operación de una instalación de generación de energía fotovoltaica y su Línea de Transmisión, compuesta por un Parque Solar con una potencia total instalada en corriente alterna (AC) de 160 MWac; junto con una Línea de Transmisión y bahía de interconexión de 230 kV que conectará con la subestación Mirolindo, en la vereda Alto Combeima, municipio de Ibagué, departamento de Tolima.

En este sentido, se resalta que el Proyecto Fotovoltaico pretende la generación de aproximadamente 410,99 GWh de electricidad durante su primer año de operación, con un rendimiento implícito de aproximadamente 1.841 kWh/kWp/año, lo cual redundará en la atención de una mayor demanda del servicio de energía en el mercado colombiano, sin dejar de lado, beneficios colaterales como la ocupación laboral de mano de obra y mejora de condiciones sociales en la zona en donde se desarrolla.

Los sistemas fotovoltaicos, como los que se plantean para este Proyecto, son fáciles de instalar, requieren un mantenimiento mínimo y son de gran confiabilidad y duración. Además de la cantidad y calidad de la radiación solar en la zona del Proyecto (Anexo C.3), la ubicación del sitio respondió a las siguientes condiciones y consideraciones:

- Proximidad a Ibagué, capital del Departamento del Tolima, lo cual favorece la provisión de materiales y servicios, tanto para las fases de preparación de sitio y construcción, como para la de operación. Esto supondrá además una contribución al desarrollo de la región, principalmente en las etapas de preparación y construcción.
- Acceso al área a través de dos vías existentes de tercer orden: i.e. vía calle 148 que conecta a Ibagué, en el sector Picaleña con el municipio de Doima (Acceso existente Sector Rural Picaleña, numeral 3.2.4.1.1.1); y la vía que conecta a la vereda Buenos Aires a la altura de la Avenida Picaleña con el municipio de Doima (Acceso existente Buenos Aires – Doima, numeral 3.2.4.1.1.1).

- Disponibilidad de infraestructura y capacidad de interconexión aprobada por la UPME (ANEXO B.1 y C.1). Recibió concepto favorable de la UPME para la conexión a la subestación Mirolindo a 230kV, mediante Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020 y cuenta con contrato de conexión vigente N° 4010165 de febrero de 2021.
- Tierras planas que han sido ampliamente intervenidas por la agricultura (cultivos de arroz a gran escala), lo que reduciría el impacto ambiental potencial del Proyecto sobre el entorno donde se localizará.
- Buen recurso solar
- Régimen de temperaturas / clima favorable

El diseño y localización del Proyecto (Parque Solar y Línea de Transmisión), tuvo en cuenta los siguientes criterios principales en su definición:

- Ubicación de infraestructura en zonas previamente intervenidas o antropizadas, para reducir o mitigar el impacto ambiental
- Excluir al máximo coberturas de la tierra con alto valor o sensibilidad ambiental.
- Minimizar cruces e intervenciones sobre cuerpos de agua y sus rondas de protección.
- Mínima o nula afectación de infraestructura social y urbana existente.
- Las zonas urbanas y rurales validadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para la ubicación de la Línea de Transmisión, mediante el Radicado 2021081539-2-000 del 28 de abril de 2021 (ANEXO B.1), donde se aprobó la NO Aplicabilidad del Trámite de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA).
- El trazado urbano aprobado por la ANI y la Concesionaria San Rafael para la Línea de Transmisión Shangri-La (ANEXO B.1 y C.1), ubicado sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF de la Concesión San Rafael:

La respuesta aprobatoria de Concesionaria San Rafael estuvo soportada en revisión documental y visita técnica al área de interés, y fue emitida el 2 de marzo de 2021 mediante el radicado GIC-BG-2021.0359 (ANEXO B.1 y C.1), que señala:

"Como resultado de la revisión a la documentación, de la normatividad vigente (Ley 1228 de 2008, Ley 1682 del 22 de noviembre de 2013), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y de la reunión conjunta con el peticionario y la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI; la Concesionaria San Rafael S.A. considera que es procedente emitir CONCEPTO TÉCNICO, OPERATIVO Y DE VIABILIDAD POSITIVO, a la solicitud de permiso para uso, ocupación e intervención temporal de la infraestructura vial, para la instalación de línea de transmisión eléctrica de 230Kv, del proyecto solar fotovoltaico Shangri-La, desde el Pr02+0850 hasta el Pr00+0000, con perforación horizontal dirigida en el Pr01+0710 y Pr02+0850 sobre la vía Variante Norte de Ibagué (40TLG) y desde el Pr03+0450 hasta el Pr00+0700, con perforación horizontal dirigida en el Pr03+450 y Pr01+0700 sobre la vía Variante Picalaña (40TLF) del Proyecto Vial Girardot – Ibagué – Cajamarca."

En consecuencia, la Agencia Nacional de Infraestructura también se pronunció positivamente el 10 de marzo de 2021 mediante radicado 20213040069501, solicitando la formalización de una carta de compromiso bajo los términos de Numeral 13 del Artículo Sexto de la Resolución No.716 de 2015 en concordancia con lo dispuesto en el respectivos Instructivo GCSP-I-008 versión 005 del 21 de abril de 2020 (ANEXO B.1 y C.1).

El trazado general aprobado por la ANI, Concesionaria San Rafael y el Interventor MAB Ingeniería para la Línea de Transmisión del Proyecto Shangri-La, ubicado sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael (ANEXO B.1 y C.1), garantiza el menor impacto sobre la infraestructura urbana de Ibagué y la mayor viabilidad desde el punto de vista social, urbanístico y operativo.

Con el fin de determinar la viabilidad del Proyecto y sustentar la selección del sitio como óptimo desde las diferentes componentes se realizaron diferentes estudios para garantizar una operación adecuada y factible, donde se determinaron factores y características del lugar seleccionado para la ubicación del Parque Solar, los cuales garantizarían su viabilidad y corresponden a los siguientes:

- Radiación solar alta
- Viabilidad de conexión al sistema interconectado
- Accesibilidad al área del Proyecto

De este modo, desde el punto de vista técnico-económico del Proyecto, también se han tenido en cuenta ciertas consideraciones y condiciones que ratifican como única alternativa viable el área propuesta para desarrollar el Proyecto, ya que reúne todas las condiciones necesarias para garantizar la viabilidad. Una de las razones principales es el potencial identificado del recurso en el área de Proyecto, el cual se describe a continuación:

**Radiación solar:** La radiación solar permite determinar el potencial propio del sitio para el emplazamiento de Proyectos solares. Entre mayor es la radiación solar en el área del Proyecto mayor es la cantidad de energía eléctrica que se puede generar, es decir que cuando la radiación es alta se requiere una cantidad menor de paneles solares para generar la misma energía que otro lugar donde la radiación sea menor, lo que reduce los impactos del Proyecto al aprovechar de una forma más eficiente una menor área. De esta manera se concluye que la radiación solar es determinante para conocer cuáles son las zonas más viables para el desarrollo de este tipo de Proyectos.

El objetivo del análisis de recursos solares es proporcionar una estimación de la energía solar que la planta fotovoltaica recibiría durante un año típico. El recurso solar se da generalmente como una serie de valores por hora para la irradiancia y la temperatura, por un período de un año, por lo que a continuación se presenta la determinación de los datos climáticos que define la producción potencial de energía eléctrica.

La llanura del Municipio Ibagué y Municipios adyacentes presenta un clima de selva tropical según la clasificación climática de Köppen, aunque una versión relativamente más fría del clima debido a la altitud. Aunque la región experimenta condiciones notablemente más secas durante los meses de enero y julio, la zona no tiene una verdadera estación seca, ya que los



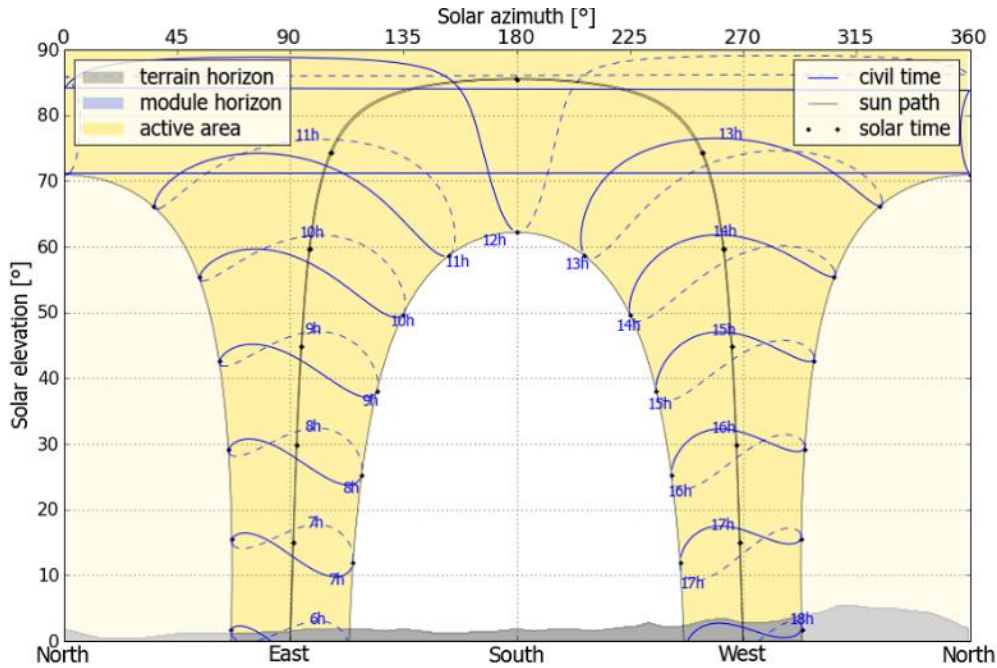
doce meses tienen una media aproximada de 60 mm de precipitaciones. Como es habitual en las zonas con este clima, las temperaturas son relativamente constantes a lo largo del año, con una media de 21,8 grados centígrados. En la zona del Proyecto y, en general, en toda la meseta de Ibagué se ha cultivado tradicionalmente arroz o se ha criado ganado; la agricultura extensiva ha sido la principal actividad económica de la región.

La zona cuenta con abundante irradiación solar, a niveles competitivos en comparación con otras zonas del país, con una irradiación global anual en el plano de 2.504 kWh/m<sup>2</sup>. La irradiación en esta zona con una planta fotovoltaica optimizada daría un rendimiento específico de corriente continua (DC) de 1.996 kWh/kWp/año.

Por lo anterior, mediante la empresa SOLARGIS se determinaron los datos de irradiación solar en los predios donde se ubicará la planta, teniendo en cuenta todas las sombras lejanas que podrían influir en la producción de energía dada la accidentada geografía de la región. El informe resumido de SolarGIS se encuentra en el Anexo C.3 (Evaluación del rendimiento solar), y a continuación se presentan los resultados más relevantes como la irradiación solar global y difusa, así como de temperatura en la locación del Proyecto.

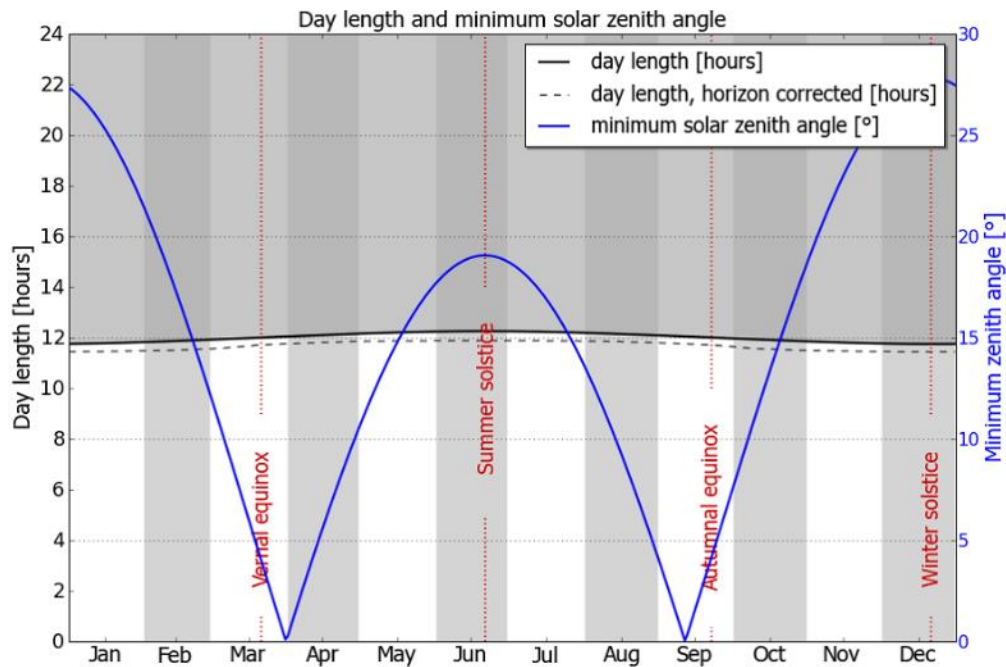
Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.17 Horizonte del terreno



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Figura 3.18. Duración del día y ángulo cenital solar mínimo



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

Tabla 3-11. Irradiación horizontal global

Month	Gh <sub>m</sub>	Gh <sub>d</sub>	Dh <sub>d</sub>	T <sub>24</sub>
Jan	172	5.55	2.45	21.2
Feb	155	5.52	2.66	22.0
Mar	175	5.65	2.86	22.7
Apr	167	5.56	2.62	22.1
May	176	5.67	2.46	21.6
Jun	169	5.64	2.27	21.3
Jul	184	5.94	2.28	21.0
Aug	187	6.04	2.49	21.7
Sep	182	6.06	2.55	22.1
Oct	175	5.66	2.54	21.5
Nov	155	5.17	2.50	21.1
Dec	164	5.28	2.36	20.9
Year	2061	5.65	2.50	21.6

Long-term monthly averages:

Gh<sub>m</sub> Monthly sum of global irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]

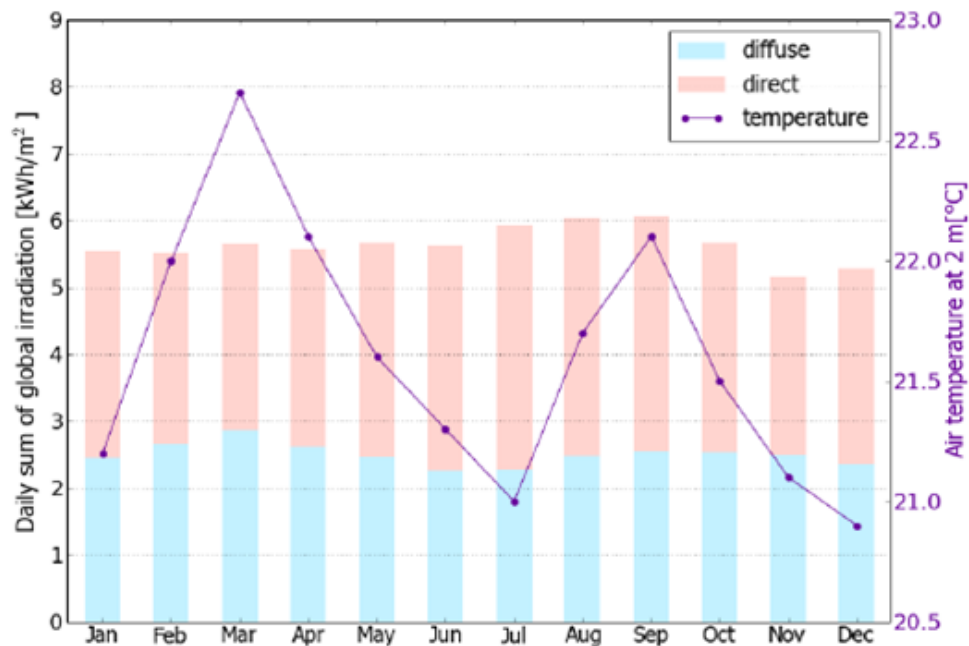
Gh<sub>d</sub> Daily sum of global irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]

Dh<sub>d</sub> Daily sum of diffuse irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]

T<sub>24</sub> Daily (diurnal) air temperature [°C]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Figura 3.19. Temperatura del aire



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

Tabla 3-12. Irradiación global en el plano

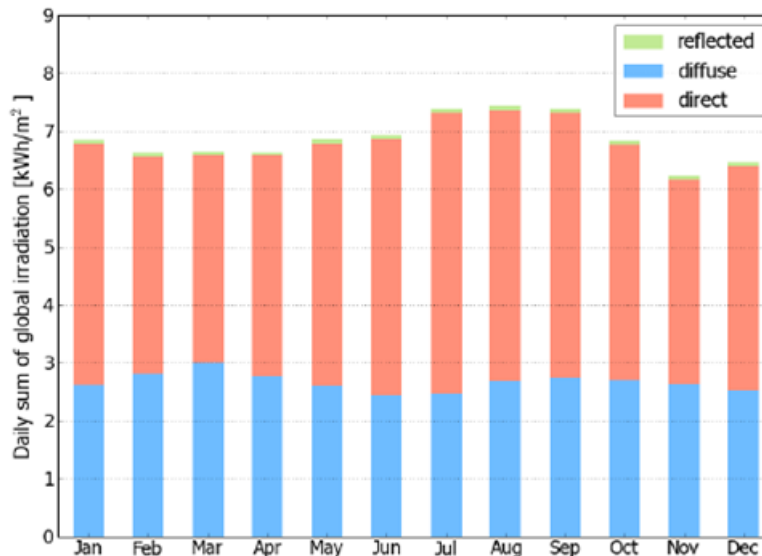
Month	$G_{i_m}$	$G_{i_d}$	$D_{i_d}$	$R_{i_d}$	$Sh_{loss}$
Jan	212	6.85	2.62	0.07	0.6
Feb	186	6.64	2.82	0.07	0.6
Mar	206	6.65	3.00	0.07	0.6
Apr	199	6.64	2.77	0.06	0.6
May	213	6.86	2.60	0.07	0.9
Jun	208	6.94	2.43	0.07	1.1
Jul	229	7.38	2.47	0.07	0.6
Aug	230	7.43	2.69	0.07	0.5
Sep	221	7.38	2.75	0.07	0.6
Oct	212	6.84	2.70	0.07	0.6
Nov	187	6.23	2.63	0.06	0.7
Dec	201	6.46	2.51	0.06	0.5
Year	2504	6.86	2.66	0.07	0.7

Long-term monthly averages:

- $G_{i_m}$  Monthly sum of global irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]
- $G_{i_d}$  Daily sum of global irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]
- $D_{i_d}$  Daily sum of diffuse irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]
- $R_{i_d}$  Daily sum of reflected irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Figura 3.20. Suma diaria de la irradiación global kWh/m<sup>2</sup>



$Sh_{loss}$  Losses of global irradiation by terrain shading [%]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### 3.2.4 Características técnicas

---

#### 3.2.4.1 Adecuación y construcción

---

##### 3.2.4.1.1 Vías de acceso

El Parque Solar del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La tendrá dos accesos (occidental y oriental), que están conformados por vías existentes en dos sectores denominados en este EIA como "*Acceso existente Buenos Aires – Doima*" y "*Acceso existente Sector Rural Picaleña*". Sus características generales se describen a continuación.

##### 3.2.4.1.1.1 Corredores de acceso existentes

###### 3.2.4.1.1.1.1 Acceso existente Buenos Aires – Doima

En la zona oriental del área de influencia físico-biótica, el Proyecto hará uso del tramo vial existente denominado para este EIA como: "*Acceso existente Buenos Aires – Doima*", el cual está conformado por sectores de las siguientes vías terciarias: *VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"* y *V1: Vía existente privada* (en sector del Molino Federal). El Tráfico Diario Promedio – TPD se presenta en el numeral 5.1.11.2 del capítulo 5.1 (Tomo 2) y en el ANEXO D.1. MEDIO ABIÓTICO / Atmósfera.

##### ➤ **VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"**

La vía *VA-BA-D* es una vía pública que se usará para el acceso al área del Parque Solar. Se conecta con la vía primaria TV-40-04 al sur del área de influencia físico-biótica y de allí sigue al nororiente en dirección al municipio de Doima. Tiene una longitud de 11,2518 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo 4 de calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria. La vía tiene su superficie de rodadura en afirmado, es transitable en todo el año y es de orden nacional; su ancho oscila entre los 5 y 7 metros. En la Fotografía III.3 12 y Fotografía III.3 13 se presentan imágenes de la vía.

En la porción de la vía *VA-BA-D* que hace parte del área de influencia físico-biótica, se contempla la adecuación (mejoramiento) de algunas obras hidráulicas existentes en este tramo (i.e. 12 ocupaciones de cauce), debido al estado en que se encuentran actualmente. En el Capítulo 7 se presentan los detalles de las adecuaciones a solicitar para estas doce (12) ocupaciones de cauce existentes, con nomenclatura: OC-E1, OC-E2, OC-E3, OC-E4, OC-E5, OC-E6, OC-E8, OC-E9, OC-E10, OC-E11, OC-E12 y OC-E13. La Tabla 3-13, presenta las estructuras hidráulicas existentes en los 12 puntos de ocupación de cauce a adecuar sobre la vía *VA-BA-D*.



**Fotografía 3.2-30** Vía VA-BA-D vista a superficie de rodadura

*Este: 4773168.669, Norte: 2041539.*

*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-31** Vía VA-BA-D con tráfico de camiones

*Este: 4773366.62, Norte: 2041766.*

*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*

**Tabla 3-13 Estructuras hidráulicas existentes en los puntos de ocupación de cauce existentes y a adecuar sobre el denominado "Acceso existente Buenos Aires – Doima".**

CUENCA - PUNTO	CÓDIGO OCUPACIÓN	ESTRUCTURA EXISTENTE	VÍA EXISTENTE RELACIONADA
Quebrada Borbona-Ocupación Cauce OC-E1	OC-E1	Batea	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Borbona-Ocupación Cauce OC-E2	OC-E2	Alcantarilla doble 24"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Borbona-Ocupación Cauce OC-E3	OC-E3	Pontón 3x2.5 m	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Guacarí-Ocupación Cauce OC-E4	OC-E4	Estructura hídrica. Batea y alcantarilla triple de 36"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Guacarí-Ocupación Cauce OC-E5	OC-E5	Box de 0.8x0.6 m	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"

CUENCA - PUNTO	CÓDIGO OCUPACIÓN	ESTRUCTURA EXISTENTE	VÍA EXISTENTE RELACIONADA
Quebrada Guacarí-Ocupación Cauce OC-E6	OC-E6	Alcantarilla múltiple 10 tubos de 24"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante)- Ocupación Cauce OC-E8	OC-E8	Alcantarilla quintuple 24" en dos líneas. Línea superior 3 tubos, inferior 2 tubos.	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Las Abejas- Ocupación Cauce OC-E9	OC-E9	Estructura híbrida. Batea y alcantarilla doble 24"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Doima-Ocupación Cauce OC-E10	OC-E10	Alcantarilla triple 24"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada Garabetera- Ocupación Cauce OC-E11	OC-E11	Alcantarilla cuádruple de 24"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada La Pedregosa- Ocupación Cauce OC-E12	OC-E12	Alcantarilla doble 24"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Río Opia-Ocupación Cauce OC-E13	OC-E13	Estructura híbrida. Batea y Alcantarilla quintuple de 24"	VA-BA-D: Vía de Acceso Pública, "Buenos Aires – Doima"
Quebrada San Javier- Ocupación Cauce OC-E14	OC-E14	Estructura híbrida. Batea y parte inferior 3 tubos de 12"	V1: Vía existente privada, de acceso al Parque Solar

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

➤ **V1: Vía existente privada, de acceso al Parque Solar**

La entrada oriental al Parque Solar del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La , tendrá lugar a través del uso de la vía V1 de carácter privado, que tiene conexión en la zona nororiental del AI físico-biótica con la vía pública VA-BA-D en la zona asociada al "Molino Federal" (coordenadas 4774647E, 2044431N). Dentro del área de influencia Físico-biótica la vía V1 tiene una longitud de 2,4151 km; se clasifica según el IGAC como vía tipo 5 de calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria privada. La vía tiene su superficie de rodadura en afirmado, es



transitable en todo el año y es de tipo privada. En la Fotografía 3.2-14 y Fotografía 3.2-15 se presentan tomas de la vía.

En la porción de la vía privada V1, que hace parte del área de influencia Físico-biótica, se contempla la adecuación (mejoramiento) de una (1) obra hidráulica existente en este tramo (i.e. ocupación de cauce OC-E14), debido al estado en que se encuentra actualmente. La estructura existente es híbrida, conformada por una Batea, con la parte inferior con 3 tubos de 12", en un punto de cruce sobre la Quebrada San Javier (ver Tabla 3-13). En el Capítulo 7 se presentan los detalles de la adecuación a solicitar para la denominada OC-E14.



**Fotografía 3.2-32 Vía V1 vista a superficie de rodadura**  
*Este: 4774509.822, Norte: 2045252.*  
*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-33 Vía V1 movilización maquinaria agrícola**

*Este: 4774488.636, Norte: 2044599.*

*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*

#### *3.2.4.1.1.1.2 Acceso existente Sector Rural Picaleña*

En la zona occidental del área de influencia físico-biótica, el Proyecto hará uso del tramo vial existente denominado para este EIA como "*Acceso existente Sector Rural Picaleña*", el cual está conformado por sectores de las siguientes vías: "*VA-P: Vía pública secundaria de Acceso Picaleña*", "*VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña*", "*V2: Ramal privado de acceso Picaleña*" y "*V2a: Carreteable desprendido de ramal V2*".

#### ➤ **VA-P: Vía pública secundaria de Acceso Picaleña**

La vía *VA-P* en su primer tramo se clasifica como secundaria debido a que su capa de rodadura es en pavimento rígido y sirve para el acceso al centro poblado de Picaleña a partir de la ruta TV-40-TLC. Esta vía se clasifica como de tipo 3 según el IGAC en calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía secundaria. Tiene superficie de rodadura en pavimento rígido, es transitable en todo el año y es de orden departamental. En la Fotografía 3.2-10 y Fotografía 3.2-11 se presentan imágenes de la vía.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.2-34 Vía VA-P inicio en sector Picalaña**

Este: 4762253.947, Norte: 2044418.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-35 Vía VA-P fin vía sector Picalaña**

Este: 4762304.01, Norte: 2044569.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Sobre esta sección vial no se contemplan obras hidráulicas que sean objeto de adecuación por parte del Proyecto.

➤ **VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña**

La vía VA-P se clasifica como terciaria después de su primer tramo en el sector del centro poblado de Picaleña (i.e. "VA-P: Vía pública secundaria de Acceso Picaleña" descrita en el numeral 3.2.1.2.1.2). Esta vía se clasifica como de tipo 4 según el IGAC en calzada sencilla y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria. Tiene superficie de rodadura en afirmado, es transitable en todo el año y es de orden veredal. El ancho de la carretera oscila entre 4 y 5 metros. En la Fotografía 3.2-16 y Fotografía 3.2-17 se presentan imágenes de la vía.



**Fotografía 3.2-36 Vía VA-P vista a superficie de rodadura**

*Este: 4762826.172, Norte: 2045911.*

*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*



**Fotografía 3.2-37 Vía VA-P fin en cruce con vía VA-BA-D**

*Este: 4773874.278, Norte: 2042749.*

*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*

En la porción de la *VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña*, que hace parte del área de influencia Físico-biótica, se contempla la adecuación (mejoramiento) de cuatro (4) obras hidráulicas existentes, debido al estado en que se encuentran actualmente. En el Capítulo 7 se presentan los detalles de las adecuaciones a solicitar para estas cuatro (4) ocupaciones de cauce existentes, con nomenclatura: OC-E15, OC-E16, OC-E17 y OC-E18. La Tabla 3-14, presenta las estructuras hidráulicas existentes en los 4 puntos de ocupación de cauce a adecuar en este sector vial.

**Tabla 3-14 Estructuras hidráulicas existentes en los puntos de ocupación de cauce existentes y a adecuar sobre el denominado "Acceso existente Sector Rural Picaleña".**

CUENCA - PUNTO	CÓDIGO OCUPACIÓN	ESTRUCTURA EXISTENTE	VÍA EXISTENTE RELACIONADA
Quebrada Doima-Ocupación Cauce OC-E15	OC-E15	Box 1x1m	VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña
Quebrada Doima-Ocupación Cauce OC-E16	OC-E16	Alcantarilla de 24"	VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña
Quebrada Doima-Ocupación Cauce OC-E17	OC-E17	Box 1x1 m	VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña
Quebrada Doima-Ocupación Cauce OC-E18	OC-E18	Estructura híbrida. Batea y alcantarilla séxtuple de 24"	VA-P: Vía pública terciaria de Acceso Picaleña
Quebrada La Pedregosa-Ocupación Cauce OC-E19	OC-E19	Alcantarilla doble de 24"	V2: Ramal privado de acceso Picaleña
Río Opía-Ocupación Cauce OC-E20	OC-E20	Pontón en arco inferior. 6 m ancho y 2.5m alto	V2: Ramal privado de acceso Picaleña

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

➤ **V2: Ramal privado de acceso Picaleña**

La vía V2 es una vía de acceso al área del Proyecto. Se conecta con la vía VA-P al occidente del AI y de allí sigue al norte en dirección al Proyecto. Tiene una longitud de 2,1237 km, se clasifica según el IGAC como vía tipo 4 y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria privada. La vía tiene su superficie de rodadura en afirmado, es transitable en todo el año y es de tipo privada. En la Fotografía 3.2-22 y Fotografía 3.2-23 se presentan imágenes de la vía.



**Fotografía 3.2-38 Vía V2 cruce vial con vía VA-P**

*Este: 4766987.697, Norte: 2044935.*

*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*



**Fotografía 3.2-39 Vía V2 vista a Portón de acceso a predio privado**

*Este: 4767642.69, Norte: 2045789.*

*Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).*

En la porción de la vía V2: *Ramal privado de acceso Picaleña*, que hace parte del área de influencia Físico-biótica, se contempla la adecuación (mejoramiento) de dos (2) obras hidráulicas existentes en este tramo, debido al estado en que se encuentran actualmente. En el Capítulo 7 se presentan los detalles de las adecuaciones a solicitar para estas dos (2) ocupaciones de cauce existentes con nomenclatura: OC-E19 y OC-E20. La Tabla 3-14, presenta las estructuras hidráulicas existentes en los 2 puntos de ocupación de cauce a adecuar en este sector vial.

i

➤ **V2a: Carreteable desprendido de ramal V2**

La vía V2a se conecta con el acceso occidental al área del Parque Solar. Se desprende o conecta con la vía V2 y sigue al oriente del área de influencia físico-biótica. Tiene una longitud de 0.7612 km en la zona de interés del Proyecto, se clasifica según el IGAC como vía tipo 6 y según el INVIAS se clasifica como vía terciaria privada. La vía tiene su superficie de rodadura en terreno natural, es transitable en tiempo seco y es de tipo privada. En la Fotografía 3.2-24 y Fotografía 3.2-25 se presentan tomas de la vía.



Ibagué y Piedras (Tolima)

**Fotografía 3.2-40 Vía V2a vista a portón de lote**

Este: 4768327.941, Norte: 2045701.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).



**Fotografía 3.2-41 Vía V2a vista a superficie de rodadura terreno natural**

Este: 4768854.269, Norte: 2045580.

Fuente: H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS (2021).

Sobre esta sección vial no se presentan obras hidráulicas que sean objeto de adecuación por parte del Proyecto.

A continuación, en la Figura 3.21 se presenta la localización de las ocupaciones de cauce a ser adecuadas para el uso de las vías presentadas anteriormente



Ibagué y Piedras (Tolima)

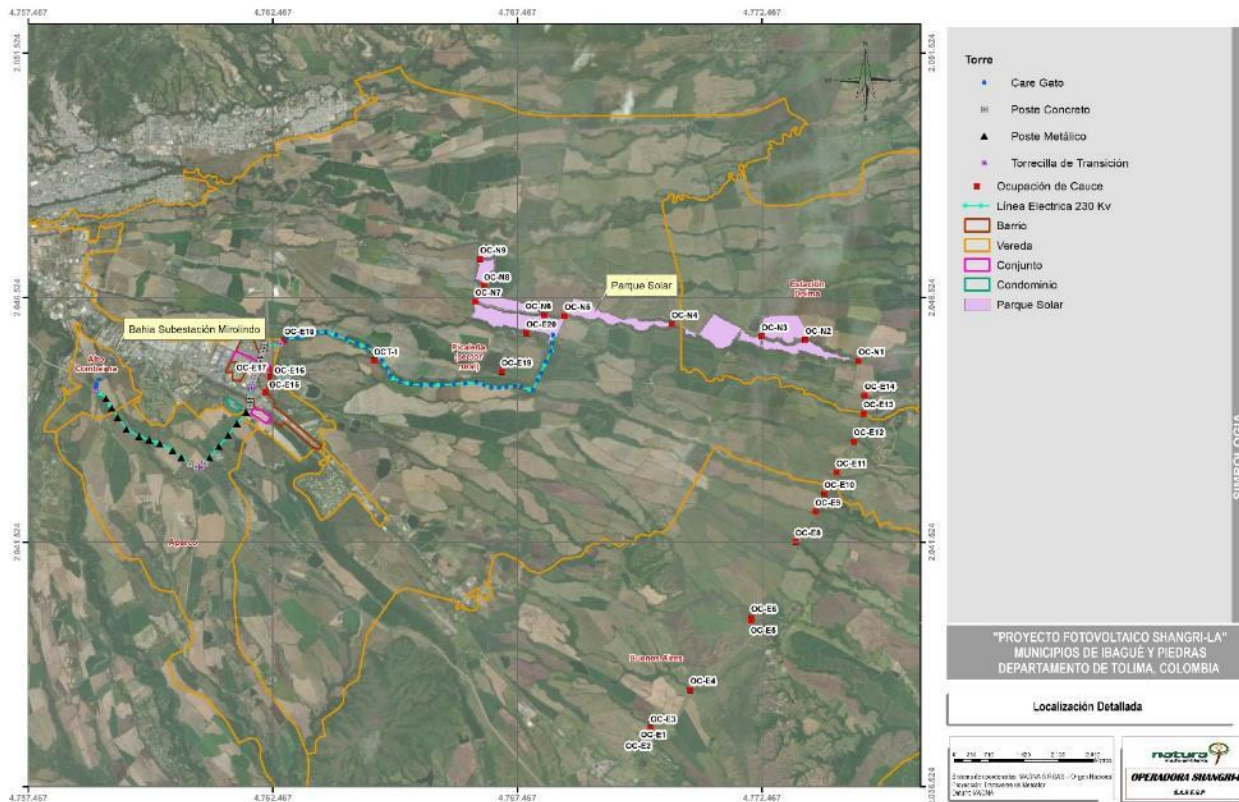


Figura 3.21. Localización de las ocupaciones de cauce a adecuar y a construir

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

3.2.4.1.1.2 Corredores de acceso nuevos

En la fase constructiva, el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La contará con una red vial interna que permitirá acceder a las diferentes áreas del Parque Solar, permitiendo el tránsito de vehículos y personas; adicionalmente, se conformarán accesos nuevos temporales para la construcción de la Línea de Transmisión 230kV.

A continuación, en la Tabla 3.15 se relacionan las longitudes de las vías internas a construir para el Parque y los accesos temporales para la Línea de Transmisión 230kV; en la Figura 3.22, se muestra la localización de las vías internas del Parque Solar; posteriormente, en la Figura

3.25 se muestra los accesos temporales a conformar para la construcción de la Línea de Transmisión.

**Tabla 3.15. Vías y accesos por construir en el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.**

Viales a Construir	Longitud aprox. de la vía (km)
Vías internas del Parque Solar*	19,395
Accesos nuevos Temporales para Línea de Transmisión 230kV	1,26
<b>TOTAL</b>	<b>20,655</b>
*Vías o caminos localizados al interior del Parque Solar	

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

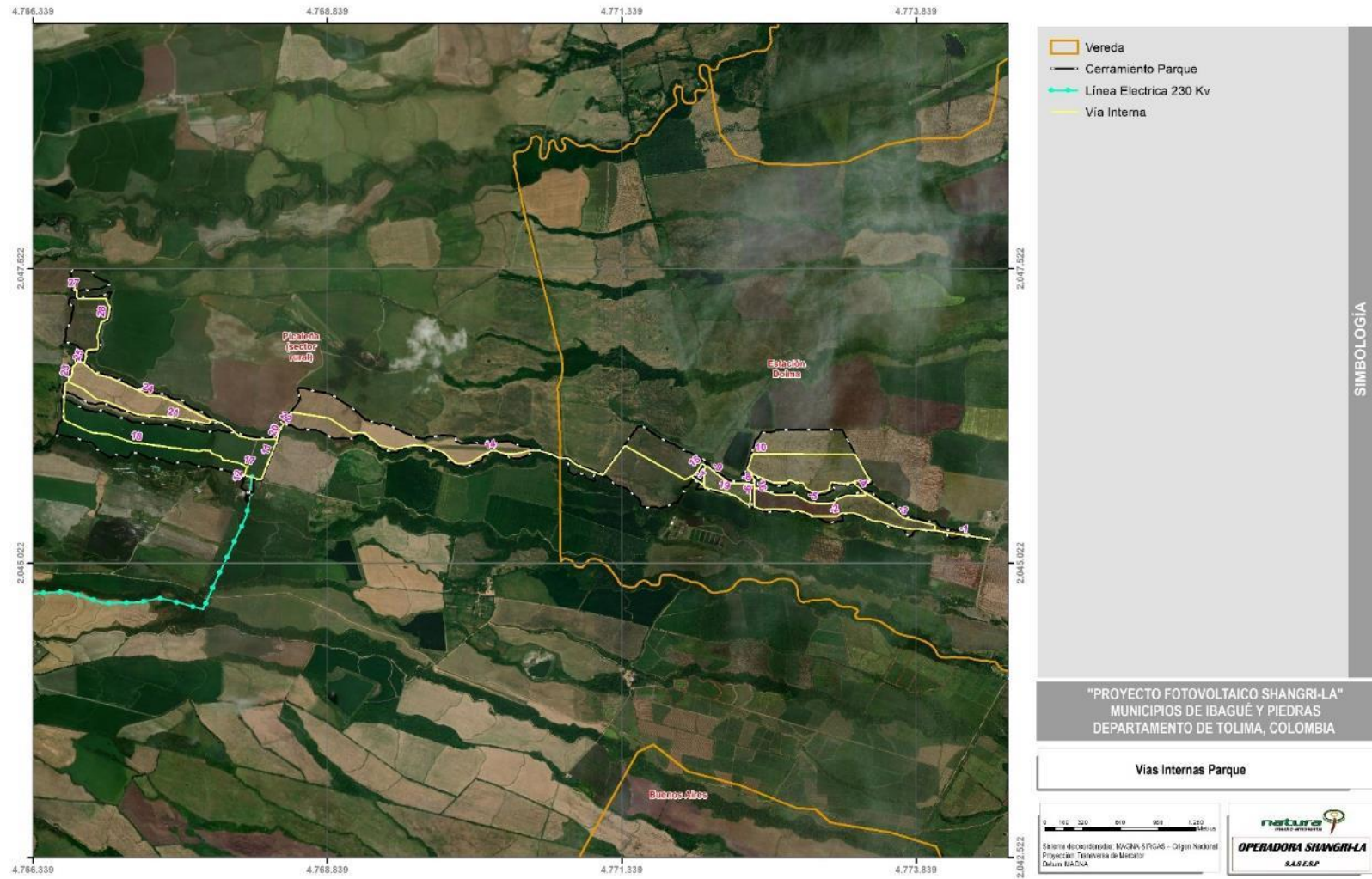


Figura 3.22. Vías internas a construir en el parque solar.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

➤ **Descripción de las vías a construir**

Las vías internas del Parque Solar son los caminos cuyo cometido es permitir el acceso a los centros de transformación, por lo que no deben equipararse a caminos locales o de desarrollo por los que deba circular tráfico de manera usual. En este sentido, se realizan excepciones a la normatividad justificadas por su carácter peculiar, privado y por tener que integrarse en una instalación industrial con las restricciones de espacio que ello puede conllevar en anchuras de calzada, radios de giro, etc.

La construcción de las vías interiores del parque tendrá las especificaciones tipo descritas en la Tabla 3.16.

**Tabla 3.16. Especificaciones técnicas tipo para la construcción de las vías internas.**

ITEM	ESPECIFICACIONES**
Velocidad de diseño	20km/h*
Ancho del derecho de vía	8m
Ancho de banca	6m
Ancho de calzada	3,7m
Altura de terraplén	(depende del estudio hidráulico e hidrológico de la zona)
Capacidad Portante	10 – 30 cm
Espesor del afirmado	Base: Capa de suelo seleccionado de 15 cm de espesor compactada al 98% del ensayo Proctor Modificado.
	Sub-base: Capa de 30 cm de espesor de suelo seleccionado compactado al 95% del ensayo Proctor Modificado.
Taludes conformados de terraplén y Descapote	3H:2V
Pendiente transversal (Bombeo)	2%
Pendiente longitudinal y estructura de la vía	6 – 8% y Pendiente Máx. 14%
Cunetas	Cunetas en tierra, cunetas revestidas en concreto, cunetas revestidas en suelo cemento, cunetas revestidas en saco suelo

ITEM	ESPECIFICACIONES**
	Las vías internas deberán contar con superficies regulares, para evitar accidentes, riesgos de deslizamientos o caída de carga. Estos caminos deberán permitir durante toda la vida útil del proyecto el acceso adecuado de vehículos cuyo objeto sea la construcción, mantenimiento y operación del Parque Solar.
	*Velocidad máxima permitida durante el desarrollo del proyecto (fase constructiva y operativa)
	**La distribución de los viales interiores está condicionada por la forma del terreno y la distribución de los módulos fotovoltaicos.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

En la Figura 3.23 se muestra una sección tipo de las vías internas que se construirán dentro del Parque Solar.

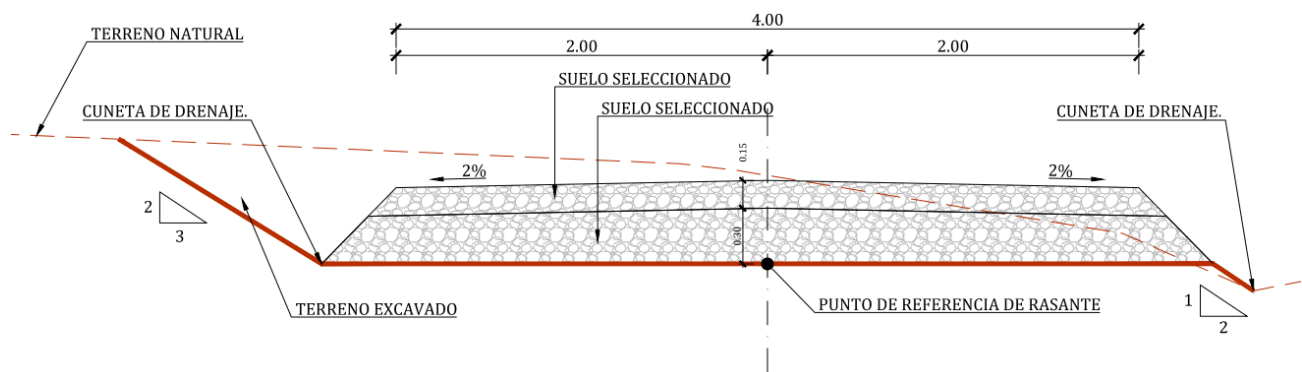


Figura 3.23. Sección transversal tipo de las vías internas del Parque Solar.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### ➤ Diseño preliminar de obras de arte e infraestructura relacionada

En los procesos de construcción y mejoramiento de la infraestructura vial se construirán obras de arte y estructuras hidráulicas longitudinales y transversales necesarias y faltantes, con el fin de captar los flujos que afecten la estabilidad de las vías y evacuar la escorrentía superficial hacia los drenajes naturales, evitando daños en la banca por la afluencia de aguas en la superficie. Así mismo, para el manejo de los flujos de aguas de escorrentía se construirán obras menores de drenaje a lo largo de los nuevos viales internos de acceso.

A continuación, se presentan las obras de drenaje a construir y/o adecuar dentro del área del Parque Solar:

✓ **Box Couvert**

Son estructuras de sección rectangular construidas en concreto, que se diseñan para conducir corrientes de agua y para dar continuidad a una vía de forma cómoda y segura. En la Tabla 3.17 se presenta su proceso constructivo.

**Tabla 3.17. Proceso constructivo de Box Couvert tipo.**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Localización y replanteo	Consiste en ubicar en el terreno los ejes y elementos correspondientes a la cimentación y la estructura que se va a construir, según los planos de diseño.
Encausamiento temporal de la corriente	Teniendo en cuenta que estas obras se realizan generalmente en época de baja precipitación, se deberá construir un canal temporal para el encausamiento de las corrientes involucradas, de tal manera que permita el desarrollo de las actividades sin alterar el flujo natural de las mismas. Es recomendable realizar obras de estabilización, tales como trinchos en madera y sacos suelo para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente intervenida.
Preparación del terreno	Consiste en realizar la excavación, perfilado y adecuación del terreno para la construcción de la cimentación.
Cimentación	Implica la construcción de la placa, las vigas o el atraque en concreto ciclópeo con el objetivo de apoyar y transmitir las cargas de la propia estructura y las generadas por la vía y el tránsito de vehículos.
Placa de piso	Esta etapa consiste en el amarre del refuerzo en ambos sentidos según el diseño, instalación de la formaleta, vaciado y vibrado de concreto de 3000 psi para conformar una placa maciza de espesor variable, sobre la cual se construirán los muros del box. Se debe prever la instalación del acero de arranque para los muros.
Muros	Está actividad consiste en el amarre del refuerzo, la instalación, apuntalamiento y alineamiento de la formaleta, el vaciado y vibrado de concreto de 3.000 psi, para los muros que conforman el box. Luego de fundidos los muros se verificará la verticalidad de los mismos.
Placa superior	La actividad involucra, la instalación de la formaleta, el amarre del acero de refuerzo en ambos sentidos según los diseños, el vaciado y el vibrado de concreto de 3.000 psi, para conformar una placa de espesor variable que sirva de soporte a la estructura de la vía.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Aletas	La labor consiste en la construcción de los muros de contención de los materiales de relleno laterales y la estabilización de la banca.
Relleno	Consiste en extender y compactar el material designado para la base y subbase de la vía; así como los espacios conformados por las aletas de confinamiento por lo menos al 95% del Proctor modificado.
Actividades de restauración	Se refiere a todas las labores de retiro y limpieza de los materiales sobrantes de construcción y aquellas involucradas con la respectiva señalización. En esta etapa se debe redirigir el flujo de la corriente hacia la estructura nueva

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### ✓ Alcantarillas

Tipo de obra de cruce o drenaje transversal, que tiene por objeto dar pasó rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro de la vía. En la Tabla 3.18 se presenta su proceso constructivo.

**Tabla 3.18. Proceso constructivo de alcantarillas tipo.**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Localización y replanteo	Consiste en ubicar en el terreno los alineamientos y niveles indicados en los planos de diseño referenciándolos con equipos topográficos (estaciones, niveles, plomadas, cinta métrica, entre otros), y herramienta menor como estacas de madera, puntillas, alambres e hilos.
Encausamiento temporal de la corriente	Teniendo en cuenta que estas obras se realizarán en época de baja precipitación, se deberá construir un canal temporal para el encausamiento de las corrientes involucradas, de tal manera que permita el desarrollo de las actividades sin alterar el flujo natural de las mismas. Es recomendable realizar obras de estabilización, tales como trinchos en madera y sacos suelo para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente intervenida.
Preparación del terreno	Consiste en el descapote, excavación y perfilado del terreno a una altura igual o mayor a la del terreno natural, ya sea mediante el empleo de maquinaria o manualmente, según las dimensiones presentadas en los planos de los diseños finales.
Rellenos	Implica el suministro, extendida y compactación del material de relleno de acuerdo con las especificaciones indicadas por el geotecnista y que por lo general corresponde a un valor mayor al 95% del Proctor modificado.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Solado	Una vez preparada la superficie, se colocará una capa de concreto de 1500 psi de espesor igual a 5 cm o el establecido por el interventor.
Instalación de la tubería	La tubería se ubicará mientras el concreto del solado esté fresco, con la precaución de mantener la tubería alineada y el fondo siguiendo la pendiente actual del terreno o la pendiente de diseño. Las juntas de los tubos deberán ser humedecidas completamente antes de hacer la unión con mortero. El interior de la junta deberá ser limpiado y alisado.
Atraque	Una vez instalados los tubos en la mezcla, y endurecido el mortero o la lechada de las juntas, se atracarán a los lados, con una mezcla igual a la utilizada en el solado o con material granular hasta una altura no menor de un 1/4 del diámetro exterior del tubo.
Estructuras de entrada, salida y aletas de protección (cabezotes)	Para esta actividad inicialmente se amarrará el acero de refuerzo, luego se procederá a instalar la formaleta adecuada para estas estructuras; y finalmente se realizará el vaciado y vibración del concreto de hasta 3000 psi.
Relleno	Una vez el atraque haya curado, se efectuará la extendida y compactación del relleno con material seleccionado hasta lograr las cotas requeridas de la vía.
Actividades de finalización	Las actividades consisten en retirar todos los materiales sobrantes de construcción y redirigir el flujo de la corriente hacia la estructura nueva.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

En el capítulo 7 del presente EIA se muestra toda la información relacionada con las nuevas ocupaciones de cauce a construir dentro del Parque Solar para el cruce de las vías internas, las cuales corresponden a 9 unidades y con las características mostradas a continuación en la Tabla 3.19 y su ubicación en la Figura 3.21.



**Tabla 3.19. Características Principales de las ocupaciones de cauce nuevas a construir al interior del Parque Solar del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La**

ID OCUPLICACIÓN DE CAUCE	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12		TIPO ESTRUCTURA PROPUESTA	SECCIÓN HIDRÁULICA (mm)	ALTO SECCIÓN (mm)	NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA
	ESTE	NORTE				
OC-N1	4774446,38	2045227,28	Box Culvert	1500 x 1500	1500.0	Quebrada Armadillo Uno
OC-N2	4773357,22	2045657,12	Box Culvert	2000 x 2000	2000.0	Quebrada Armadillo Dos
OC-N3	4772462,07	2045721,73	Box Culvert	1750x1500	1500.0	Quebrada Armadillo Dos
OC-N4	4770632,63	2045977,09	Circular	900.0	900.0	Afluente Quebrada San Javier
OC-N5	4768430,25	2046138,85	Box Culvert	2000 x 2000	2000.0	Quebrada San Javier
OC-N6	4768024,31	2046162,58	Box Culvert	1500 x 1500	1500.0	Afluente Quebrada San Javier
OC-N7	4766604,44	2046440,64	Circular	900.0	900.0	Afluente Quebrada San Javier
OC-N8	4766783,49	2046759,25	Box Culvert	1500 x 1500	1500.0	Quebrada San Javier
OC-N9	4766709,01	2047307,65	Box Culvert	1500 x 1500	1500.0	Afluente Quebrada Miragatos

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### ✓ Canales

Los canales son estructuras que interceptan la escorrentía y la conducen lateralmente; estos pueden ser construidos en la corona de los taludes (sobre talud o desviadores), sitios intermedios o en los lechos de los cuerpos de agua. Las dimensiones y ubicación de la zanja pueden variar de acuerdo con la topografía de la zona y al cálculo previo de caudales colectados. En la Figura 3.24 se presentan algunos tipos de canales que podrían ser utilizados en las vías.

Ibagué y Piedras (Tolima)

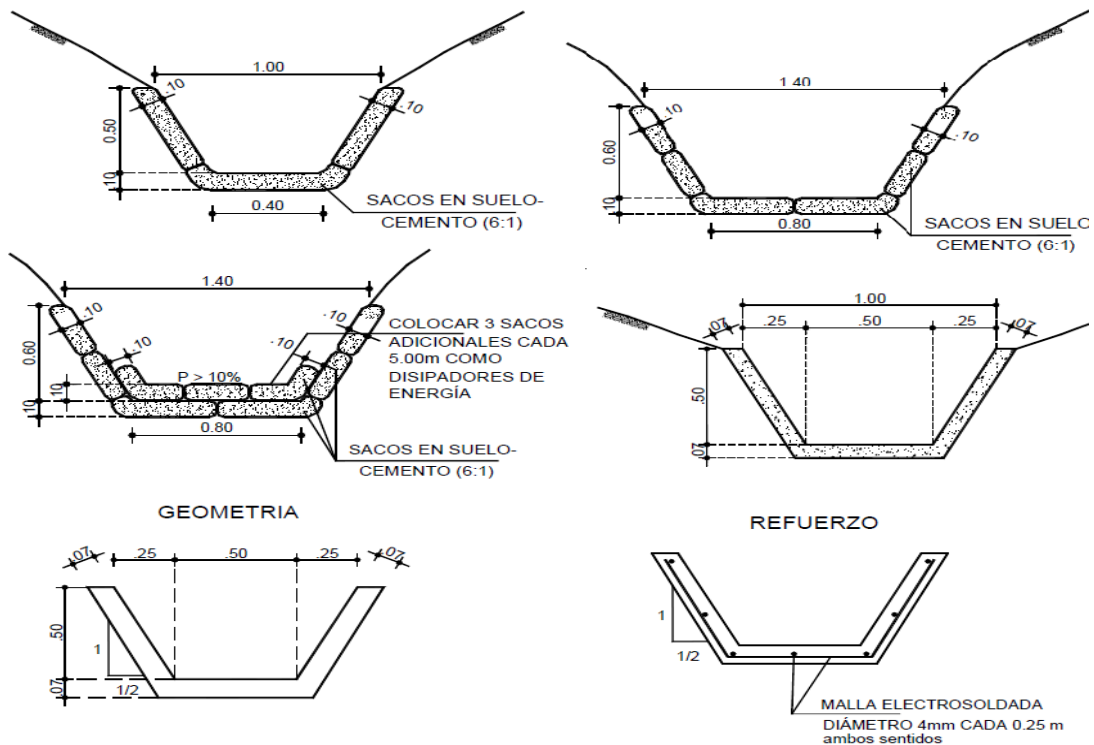


Figura 3.24. Tipo de canales.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

➤ Señalización

Para desarrollar las actividades del proyecto, se tiene contemplado crear un Plan de Manejo de Tráfico - PMT (movilidad y transporte) como prevención de riesgos a los usuarios y personal que trabaja en los viales en construcción, de acuerdo con las estipulaciones y especificaciones vigentes sobre la materia.

La señalización deberá realizarse en cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre la materia, en particular el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte.


El Plan de Manejo de Tráfico - PMT, consistirá en la instalación de las señales informativas, preventivas y reglamentarias (aplique según el caso) a lo largo del tramo a construir y/o adecuar; asimismo las estrategias y mecanismos de comunicación a la comunidad y las



alternativas de paso durante la ejecución de las obras, esto con el fin de alterar lo menos posible la cotidianidad de la comunidad ubicada en el Área de Influencia del proyecto.

No se podrán iniciar actividades constructivas que afecten la libre circulación por una vía, sin que se haya colocado los elementos reglamentarios de señalización. Estos elementos deberán ser modificados o retirados siempre que corresponda, tan pronto como se modifique o desaparezca la afectación a la libre circulación que originó su colocación.

De igual manera, se realizará una señalización adecuada de los sitios de almacenamiento de los materiales por utilizar en los diferentes procesos constructivos y se tomarán las medidas necesarias, para que los materiales, instalaciones y obras que constituyan el objeto del proyecto, no sufran daños o perjuicios como consecuencia de cualquier fenómeno natural previsible de acuerdo con la situación de la obra y en consonancia con las condiciones propias de los trabajos y de los materiales por utilizar. Los diferentes tipos de señales se instalarán antes de la iniciación de la construcción y corresponden a los siguientes tipos (Tabla 3.20).

**Tabla 3.20. Tipos de señalización vial.**

TIPO DE SEÑALIZACION	DESCRIPCION	EJEMPLO	SIMBOLO
Señales preventivas	Forma cuadrada. Se deben colocar con una diagonal en sentido vertical. Dimensión mínima del lado del cuadrado: 90cm. Estas dimensiones pueden aumentarse proporcionalmente, conservando las demás características, si las condiciones de tráfico de la vía así lo exigen.	<b>SP-57. FINAL DEL PAVIMENTO</b>	<p>SP-57</p> 

TIPO DE SEÑALIZACION	DESCRIPCION	EJEMPLO	SIMBOLO
Señales reglamentarias	Forma circular. Diámetro mínimo del círculo: 90cm. Color: Fondo blanco y símbolo y orla negra, trazado oblicuo Rojo. Las señales reglamentarias que indican prohibición deben tener un trazo oblicuo descendente a 45° con la horizontal de izquierda a derecha, desde el punto de vista del usuario.	SR-01.- PARE	<p>SR-01</p> 
Señales informativas	Forma rectangular. Se deben hacer con la mayor dimensión en posición horizontal. Las dimensiones del rectángulo varían de acuerdo con el mensaje. El lado menor debe ser mínimo de 50cm. Color del fondo anaranjado. Letra y orla negras. Las señales informativas deben indicar, además, entradas y salidas de equipos pesados y su ubicación debe ser escogida en forma tal que sean fácilmente visibles y no interfieran el tránsito continuo de los vehículos ni la visibilidad, ya sea por la ubicación o por las demoras ocasionadas por su lectura.	SI-07. SITIO DE PARQUEO	<p>SI-07</p> 
Señales transitorias - preventivas	Son aquellas que advierten de la ejecución de trabajos de construcción, mantenimiento y reparación en las vías	SIO-02. SIO-03. INFORMACIÓN DE INICIO O FIN DE OBRA	<p>SIO-02</p> 

Fuente: Ministerio de Transporte, Manual de Señalización, 2004.

➤ **Longitud máxima por construir**

Se estima la construcción de vías internas del parque solar con una longitud máxima de 19,4 km. Las vías internas serán trazados respetando lo establecido en la zonificación de manejo ambiental del proyecto, realizando la menor cantidad de cruces de cuerpos de agua; igualmente, los accesos están diseñados buscando aprovechar al máximo las vías, caminos o senderos existentes, de manera que se construyan vías de la menor longitud posible.

➤ **Método constructivo**

A continuación, se relacionan las actividades que se llevarán a cabo para la construcción de las vías internas necesarias para el desarrollo del proyecto.

✓ **Localización y replanteo**

Dentro de la fase inicial de trabajo, se realizará un inventario detallado de las condiciones actuales del terreno a intervenir, para establecer específicamente los tipos de trabajos a realizar y posteriormente definir las necesidades de obras de estabilización, así como los puntos en donde es necesaria la instalación de obras de drenaje, tales como cunetas o descoles, según especificaciones presentadas en la Tabla 3.17, Tabla 3.18 y Figura 3.24. Posteriormente, se procede a realizar los diseños con base en la información obtenida en campo, para así poder precisar las obras necesarias.

Luego se procederá a la ubicación exacta sobre el terreno del eje de los nuevos viales internos, de los diferentes elementos de las curvas, los chaflanes, los sitios de obras especiales, etc. Dichos elementos en la vía se materializan en el sitio utilizando estacas que puedan ser fácilmente visibles y en las cuales se anotan datos de abscisas, de acuerdo con los planos civiles detallados (Fotografía 3.42).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.42. Localización e inicio del trazado de vía con topografía.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Para cada uno de los viales proyectados se ha definido un eje de trazado por el centro de éste. El estacionamiento de los ejes se ha definido cada 10 metros y los puntos kilométricos cada 50 metros.

Los viales interiores presentan la siguiente geometría:

- 3,7 a 4 metros de ancho, con objeto de respetar el criterio de máxima potencia que implica un aprovechamiento máximo del terreno.
- Se consideran curvas de radio circular con un radio interno de giro de 8 metros en la alineación curva y peralte mínimo del 2% y máximo del 6%.
- No se consideran sobre anchos definidos geoméricamente en el trazado, pero si deberá atenderse a los sobre anchos definidos en el plano de planta del trazado, en los cruces e intersecciones.

✓ **Rocería y descapote**

Corresponde a la limpieza del terreno y Descapote necesario de las áreas cubiertas por vegetación, de manera que el área quede libre de toda vegetación. Comprende además el

cajeado de 30cm y retiro del material orgánico o de desecho existente en el terreno y no apto para la construcción de estructuras.

El trabajo se llevará a cabo mediante excavación mecánica con Buldócer, motoniveladora y/o retroexcavadora, dependiendo de las características del terreno y del tipo de material vegetal a remover. El material resultante se acordonará convenientemente a un lado de la vía para utilizarlo posteriormente (Fotografía 3.43).



**Fotografía 3.43. Inicio de descapote para apertura de vía.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

La topografía del terreno es un factor importante que interviene en la definición de la rasante de los caminos. El área del proyecto fotovoltaico se caracteriza por tener diferentes pendientes de valores suaves, que nunca superan el 10%.

El alzado de los viales se ha trazado intentando adaptar la rasante al terreno en la medida de lo posible con el fin de minimizar el movimiento de tierras y, a su vez, respetando las pendientes mínimas requeridas para el correcto drenaje. Además, se ha tenido en cuenta que la caída de tierras no puede invadir plataformas ni arrojar sombras sobre los paneles.

Los ejes de los viales están definidos por una sucesión de rampas y pendientes unidas mediante acuerdos verticales cóncavos y convexos. La longitud de estos se ha establecido de manera que se adapten al terreno lo mejor posible.

✓ **Conformación de la banca y perfilado de taludes**

Esta actividad consiste en efectuar el alistamiento y conformación de la superficie final de la vía, en la cual está incluida la calzada y las bermas. Se realizan los cortes y rellenos necesarios para obtener las cotas de la subrasante. Al momento de la compactación se establecerán pendientes longitudinales que permitan conducir la escorrentía superficial hacia los laterales y asegurar la integridad de la vía.

La mayoría de las vías internas del Parque Solar se construirán sobre zonas planas con pendientes muy bajas, donde los cortes a realizar sobre el terreno y los taludes adjuntos a las vías se calculan en 17.626,44m<sup>3</sup>; y para el relleno se calcula un volumen aproximado a los 26.439,66 m<sup>3</sup>, situación presentada en los casos de la construcción de viales internos y el mejoramiento de las vías existentes (Tabla 3.21).

**Tabla 3.21. Cortes y rellenos aproximados para la construcción y mejoramiento de accesos viales (aproximados).**

ITEM	VOLUMEN (m <sup>3</sup> ) *
Corte esperado	17.626,44
Relleno esperado	26.439,66
Volumen compensado	17.626,44

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Se buscará que exista una compensación entre los cortes y rellenos, en el caso de no ser así por las características topográficas del terreno o condiciones técnicas del material de corte o excavación, se adquirirá el material en sitios que cuenten con licencias ambientales y títulos mineros vigentes (ANEXO C.14).



En el caso de las tramos internos existentes, esta actividad incluye ampliaciones de las bancas existentes, las cuales consisten en incrementar el ancho de la superficie de rodadura de una vía. De igual manera incluye modificaciones y ampliaciones de los radios de curvatura existentes, que puede presentarse cuando el radio de la curvatura de la vía no es suficiente para permitir el desplazamiento normal de los vehículos de carga pesada durante el desarrollo del proyecto. Para ello, se designa una comisión de topografía encargada de establecer a través de estacas y/o mojones los puntos de conexión entre la línea recta y el inicio y finalización de la curva. Adicionalmente, se debe tener en cuenta las pendientes transversales y longitudinales donde se hará la recolección de las aguas de escorrentía superficial.

El perfilado de talud es el proceso constructivo que consiste en regular la línea de chaflán, el cual indica hasta dónde se extiende lateralmente el movimiento de tierras por causa de los cortes en laderas o de los terraplenes. Los taludes laterales de las vías de acceso (terraplén) serán debidamente conformados y estabilizados y contarán con el debido acabado geométrico acorde con las pendientes recomendadas (Fotografía 3.44).



Fotografía 3.44. Perfilado y conformación de vía.  
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### ✓ **Cuneteado, nivelación y conformación/mejoramiento de la capa de rodadura**

Tanto en la vía existente, como en los viales a construir al interior del parque fotovoltaico, y cuando sea necesario mediante inspección visual, se realizará cuneteado, nivelación y mejoramiento de la carpeta de rodadura en vías en afirmado, esta actividad se desarrolla inicialmente mediante la limpieza y conformación de cunetas (en caso de requerirse), para luego escarificar con motoniveladora toda la superficie de la vía, eliminando todas las irregularidades (zanjas, baches, ondulaciones, nivelando la calzada con su respectivo bombeo hacia los costados).

Sujeto a las condiciones necesarias que deberá ofrecer la capa de rodadura, se prevé la instalación de una capa de material de aproximadamente 0,45m de espesor. Una vez que el material extendido tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose a los lineamientos de diseño y se compactará hasta alcanzar la densidad seca prevista (Fotografía 3.45).



**Fotografía 3.45. Perfilado y cuneteado de la vía.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### ✓ **Obras de geotecnia y estabilización de taludes**

En las vías internas a construir para la adecuada movilización dentro del Parque Solar, así como en su vía de acceso, se mantendrán y ejecutarán las obras de geotecnia menores para su adecuada conservación y harán parte de las actividades de mantenimiento de éstas. A continuación, se destacan las obras de geotecnia más relevantes posibles a ejecutar.

#### ❖ Manejo de taludes

El primer método para el manejo de pendientes consiste en los cortes de talud, en los cuales se debe analizar a detalle las condiciones de litología, estructura y meteorización de los materiales constitutivos del talud, incluyendo, de ser necesario, ensayos de laboratorio y análisis de estabilidad, que permitan realizar cálculos de factores de seguridad. Cuando se carece de esta información, se utilizan métodos semi empíricos, evaluando las condiciones topográficas, climáticas y geotécnicas propias del talud.

Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado. En especial, se atenderá a las características tectónico-estructurales del entorno y a las alteraciones de su drenaje y se adoptarán las medidas necesarias para evitar fenómenos como inestabilidad de taludes y encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes.

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las obras de geotecnia que se puedan requerir y con la instalación de las estructuras u obras de drenaje que requiera el proyecto.

#### ❖ Estabilización de taludes

Los taludes deben ser revegetalizados y/o estabilizados, justo después de su perfilado o conformación para evitar el deterioro de éstos por procesos erosivos, generados

principalmente por la acción de la lluvia y el agua de escorrentía superficial. Se podrá utilizar el material de descapote para la estabilización de los taludes de las nuevas vías.

### ➤ Cálculo de volúmenes de tierra para las vías nuevas

El movimiento de tierras para la construcción de viales internos partirá de aspectos como la longitud del trazado y la topografía del terreno; no obstante, y en lo posible, se realizará corte y relleno compensado (cuando las características topográficas y del material de corte cumplan con las especificaciones técnicas requeridas). Así mismo, el material para conformar los rellenos o terraplenes de las vías internas podrá ser obtenido mediante proveedores que cuenten con los permisos ambientales y mineros vigentes.

A continuación, en la Tabla 3.22 se relacionan los estimativos de corte y relleno para las vías internas a construir en el área del Parque Solar.

**Tabla 3.22. Volúmenes aproximados de corte y relleno de los viales interiores a construir.**

ANCHO PROMEDIO DE LA VÍA (m)	LONGITUD TOTAL MAXIMA (km)	VOLUMEN DE DESCAPOTE (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN DE CORTES (m <sup>3</sup> )	*VOLUMEN DE RELLENOS (m <sup>3</sup> )
3,7	19,4	10.500	17.626,44	26.439,66
* La intervención de los viales interiores contará con un aporte de áridos, que durante su incorporación deberá alcanzar el grado de humedad adecuado para cumplir con el nivel de compactación del 95% de Proctor.				

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Es importante señalar que no se espera la generación de material sobrante durante la construcción de las vías internas, debido a la topografía plana de la zona; sin embargo, en caso de generarse, estos podrán ser utilizados en la conformación de los terraplenes y/o dispuestos con terceros que cuenten con los respectivos permisos y autorizaciones ambientales (ANEXO C.14).

➤ **Estimativos de maquinaria y equipos**

Las labores para la construcción y mejoramiento de vías requieren el uso de maquinaria y equipos que se relacionan a continuación (Tabla 3.23).

**Tabla 3.23. Maquinaria y equipos necesarios para el mejoramiento y construcción de vías.**

ACTIVIDAD	MATERIALES Y EQUIPOS
Localización y Replanteo	El equipo mínimo que debe tener la comisión es: Una Estación Total, Nivel de precisión, Equipo menor (machete, estacas, plomadas de 16 onzas, nivel Lock, porras, jalones, mira, paraguas, etc.).
Descapote, Limpieza y descapote	Guadaña, motosierra, machete, pica y pala, carretilla, etc. Para el descapote, podrá emplear equipos como buldóceres, retroexcavadoras, cargadores, vehículos de transporte de materiales como volquetas, entre otros.
Excavación	En excavaciones manuales y de perfilado, se requerirá de herramienta menor como picas, palas, carretillas, etc. El Contratista podrá utilizar equipos para excavación como buldóceres, retroexcavadoras, martillos neumáticos y taladros; equipos para el cargue como retroexcavadoras y cargadores; vehículos de transporte de materiales como volquetas, equipos para disposición como buldócer y compactador, entre otros.
Rellenos Compactados	Los equipos serán los apropiados de acuerdo con el área por rellenar, tales como motoniveladora, equipo de riego o carrotanque distribuidor de agua, compactador de llantas, compactador por amasado, compactador vibratorio o vibrocompactador
Afirmado de Vía	de cilindro metálico y equipo de transporte.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

➤ **Instalaciones de apoyo para el mejoramiento y construcción de vías**

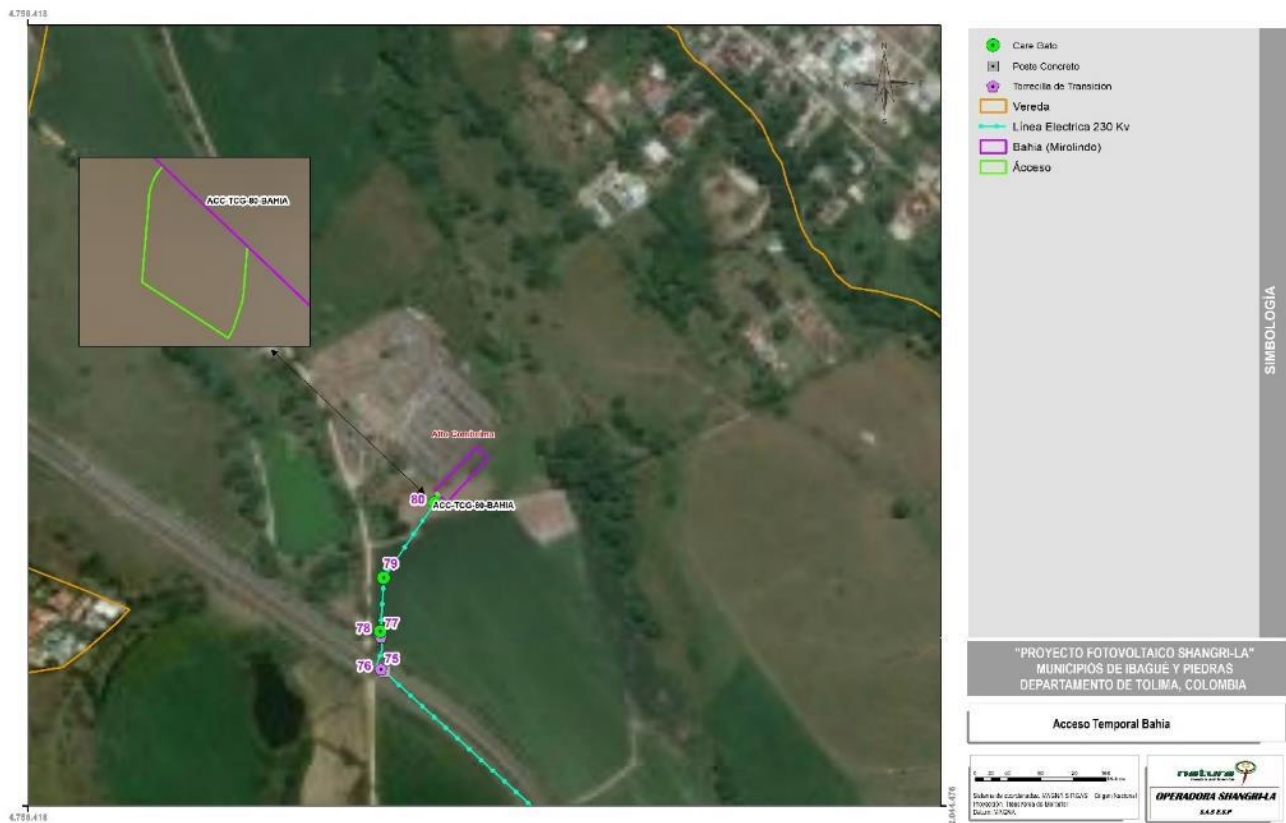
La mano de obra no calificada se contratará en la región (detalles en numeral 3.2.5.7), por lo tanto, se desplazarán diariamente a sus viviendas, siendo innecesaria la instalación de un campamento para su pernoctación. El personal calificado vinculado a la construcción o mejoramiento de vías de acceso pernoctará en la infraestructura hotelera de la ciudad de Ibagué.

Para la adecuación y construcción de vías al interior del Parque Solar, se utilizarán las mismas instalaciones de apoyo necesarias para la construcción descritas más adelante.

➤ **Conformación de corredores de accesos nuevos temporales para la Línea de Transmisión 230kV**

Respecto a los corredores de accesos temporales que permitirán acceder a los sitios de torre y a la Bahía de Conexión 230kV, se estableció que estos se conformarán y delimitarán para permitir el desarrollo de las actividades en la Línea de Transmisión. A continuación, en la Figura 3.25 se puede observar de manera espacial la ubicación de los accesos nuevos temporales a conformar para las actividades de construcción de la Línea de Transmisión 230kV.

**Figura 3.25. Accesos nuevos temporales para la Línea de Transmisión y Bahía de Conexión 230kV**




Ibagué y Piedras (Tolima)



**"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"**  
MUNICIPIOS DE IBAGUE Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**Acceso Temporal TCG-31-34**

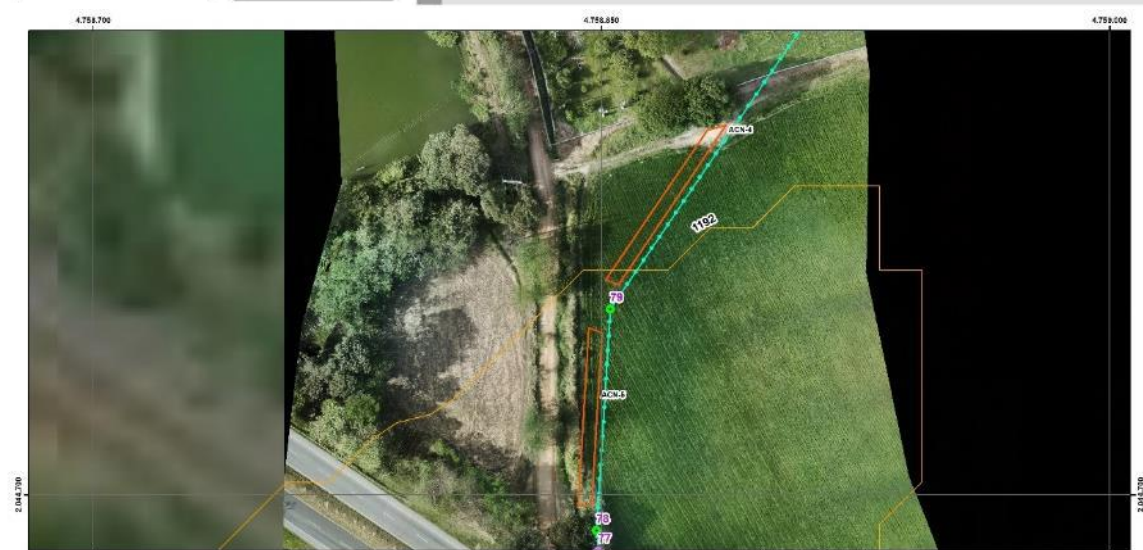
PROYECCION: METRO SERRAS Origen Nacional  
DATUM: D. SERRAS  
FUENTE: ELABORACION PROPIA



**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGIA**

- Ventana 1
- Linea Eléctrica 230 Kv
- Calle Gato
- Curvas de Nivel
- Acceso
- Franja de Tendido



**"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"**  
MUNICIPIOS DE IBAGUE Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**Acceso Temporal TCG-78-79**

PROYECCION: IBAGUA SERRAS Origen Nacional  
DATUM: D. SERRAS  
FUENTE: ELABORACION PROPIA

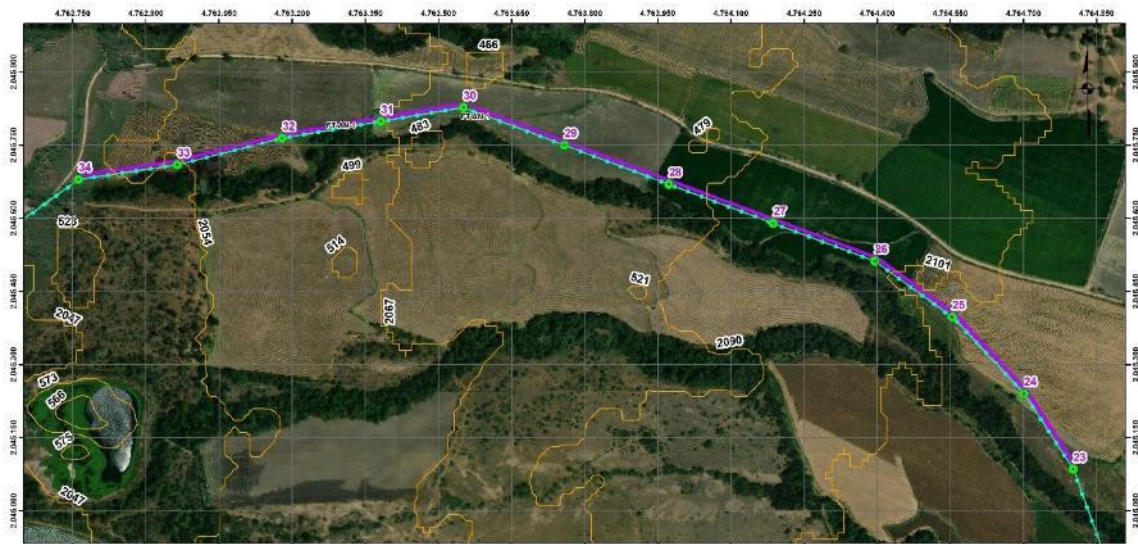


**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGIA**

- Ventana 1
- Linea Eléctrica 230 Kv
- Calle Gato
- Torreleta de Transición
- Curvas de Nivel
- Acceso Nocturno Temporal

Ibagué y Piedras (Tolima)



**"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"**  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**FT-AN-1**

PROYECCIÓN: UTM-SP23S Origen Aadare  
DATUM: 0, WGS84  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**SIMBOLOGÍA**

Ventana 1

- Línea Eléctrica 230 kV
- Curva Gato
- Curva de Nivel
- ▭ Franja de Tendido y acceso nuevo temporal; Franja de Tendido y acceso nuevo temporal



**"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"**  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**FT-AN-2**

PROYECCIÓN: UTM-SP23S Origen Aadare  
DATUM: 0, WGS84  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**SIMBOLOGÍA**

Ventana 1

- Línea Eléctrica 230 kV
- Curva Gato
- Curva de Nivel
- ▭ Franja de Tendido y acceso nuevo temporal; Franja de Tendido y acceso nuevo temporal



Ibagué y Piedras (Tolima)



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

FT-AN-3

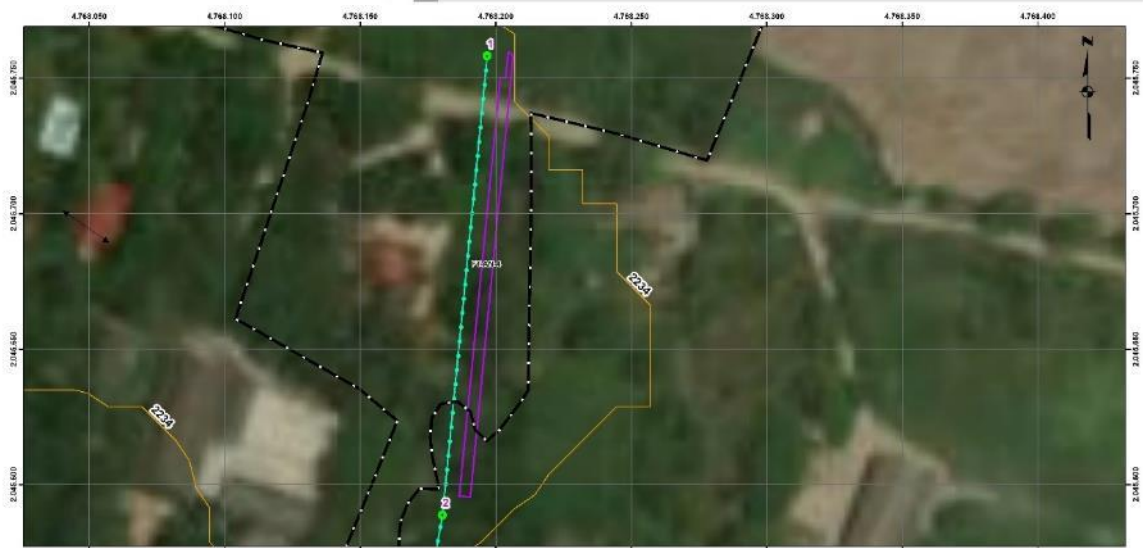
PROYECCIÓN:  
WGS84-SPD43 Origen Nadir  
DATUM: 0\_JAN04  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

SIMBOLOGÍA

- Ventana 1**
- Línea Eléctrica 230 kV
  - Cabe Gato
  - Curva de Nivel
  - Franja de Tendido y acceso nuevo temporal; Franja de Tendido y acceso nuevo temporal



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

FT-AN-4

PROYECCIÓN:  
WGS84-SPD43 Origen Nadir  
DATUM: 0\_JAN04  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

SIMBOLOGÍA

- Ventana 1**
- Línea Eléctrica 230 kV
  - Cabe Gato
  - Curva de Nivel
  - Franja de Tendido y acceso nuevo temporal; Franja de Tendido y acceso nuevo temporal
  - Cercamiento Parque

Ibagué y Piedras (Tolima)



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

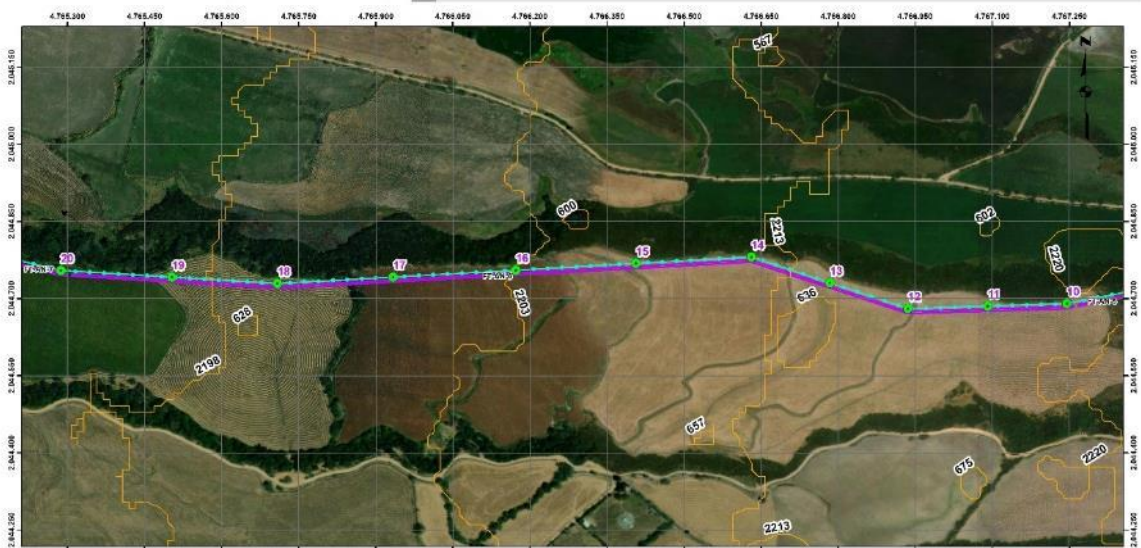
FT-AN-5

PROYECCIÓN:  
WGS84-SPDAS Origen Nadir  
DATUM: S. JAGUNA  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



SIMBOLOGÍA

- Ventana 1
- Línea Eléctrica 230 kV
  - Cercos
  - Curvas de Nivel
  - ▭ Franja de Tendido y acceso nuevo temporal; Franja de Tendido y acceso nuevo temporal



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

FT-AN-6

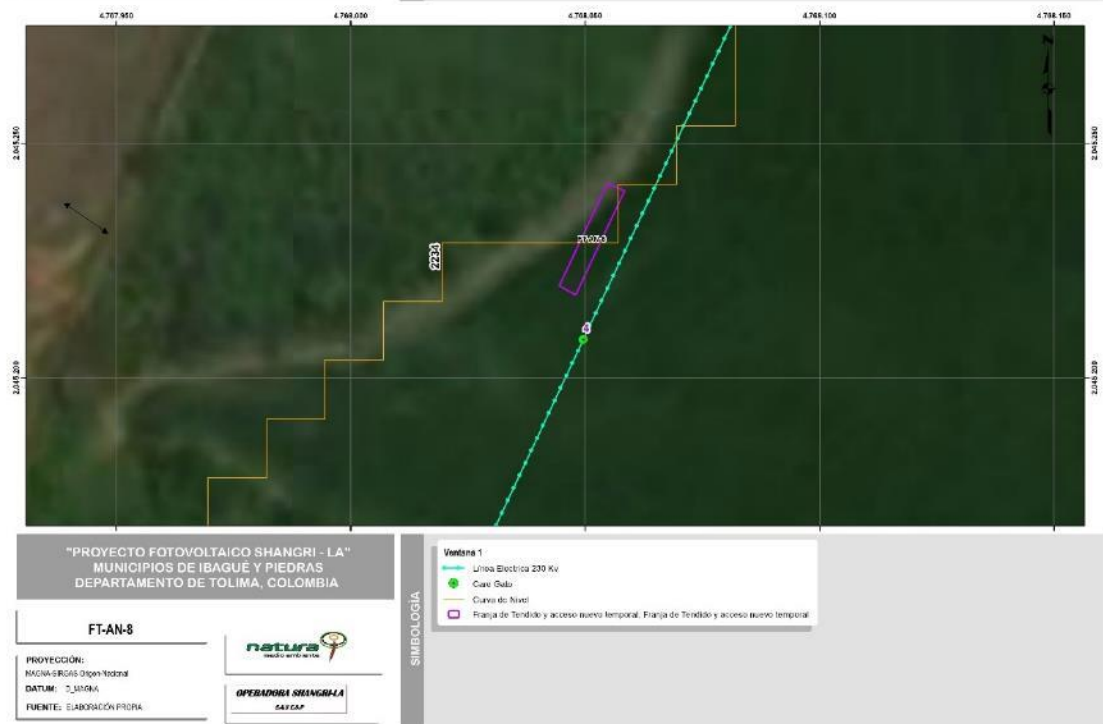
PROYECCIÓN:  
WGS84-SPDAS Origen Nadir  
DATUM: S. JAGUNA  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



SIMBOLOGÍA

- Ventana 1
- Línea Eléctrica 230 kV
  - Cercos
  - Curvas de Nivel
  - ▭ Franja de Tendido y acceso nuevo temporal; Franja de Tendido y acceso nuevo temporal

Ibagué y Piedras (Tolima)



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Como se puede observar, varios accesos nuevos irán por algunas de las Franjas de Tendido definidas para el proceso de tendido, las cuales deben estar despejadas y son descritas con mayor detalle en el numeral 3.2.4.1.3.5.2. En la Tabla 3-24, se relacionan las características de los corredores nuevos temporales que se utilizarán para la construcción de la Línea de Transmisión 230kV.

**Tabla 3-24. Características de accesos nuevos a sitios de Torre Care Gato y Plazas de Tendido en la Zona Rural**

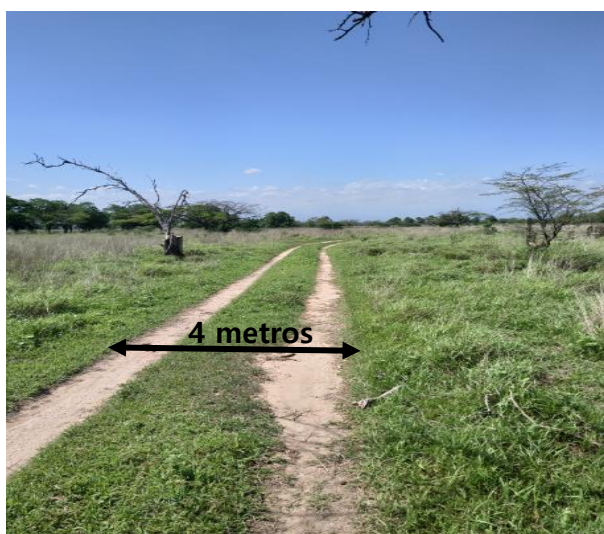
ID ACCESO	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA IGAC	COORDENADA INICIO TRAMO*		COORDENADA FIN TRAMO*		LONGITUD DEL TRAMO(m)	PENDIENTE
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
ViaAcceso-TN-1	Tipo Trocha	Tipo 4	4758918,47	2044859,04	4758914,85	2044846,60	13,14	Ligeramente plana, 1-3% (a) y Ligeramente inclinada, 3-7% (b)
ViaAcceso-TN-2	Tipo Trocha	Tipo 4	4758883,83	2044808,39	4758845,13	2044696,99	121,54	
ViaAcceso-TN-3	Tipo Trocha	Tipo 4	4763369,24	2045804,00	4763361,54	2045918,84	117,01	
ViaAcceso-TN-4	Tipo Trocha por Franja de Tendido	Tipo 4	4768203,72	2045749,53	4768188,54	2045595,59	154,69	
ViaAcceso-TN-5	Tipo Trocha por Franja de Tendido	Tipo 4	4768054,85	2045241,70	4768045,94	2045218,83	24,58	
ViaAcceso-TN-6	Tipo Trocha por Franja de Tendido	Tipo 4	4767949,48	2044977,66	4767885,95	2044842,15	150,19	
ViaAcceso-TN-7	Tipo Trocha	Tipo 4	4762753,81	2045686,08	4762743,85	2045693,07	12,17	
ViaAcceso-TN-8	Tipo Trocha por Franja de Tendido	Tipo 4	4762753,81	2045686,08	4764804,80	2045095,21	2309,14	
ViaAcceso-TN-9	Tipo Trocha por Franja de Tendido	Tipo 4	4767816,58	2044724,86	4767779,89	2044642,89	89,85	
ViaAcceso-TN-10	Tipo Trocha por Franja de Tendido	Tipo 4	4764843,57	2044944,01	4767559,21	2044685,11	2796,79	

\*Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional CTM-12

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Para el desarrollo de estos corredores, se realizará la delimitación de estos para el óptimo desarrollo de las actividades, estableciendo un ancho máximo de 4 metros, y posteriormente se realizará una actividad de rocería, que consiste en el retiro manual con ayuda de machete o con guadaña de pastos, rastrojos y maleza que se encuentren en los sitios identificados y así permitir el tránsito del personal de obra de manera segura, así como de la maquinaria relacionada. Para la apertura de estos accesos nuevos temporales solo se requerirá las actividades mencionadas, dado que el terreno se encuentra con las condiciones de pendientes y nivelación adecuada para su uso.

A continuación, en la Figura 3.26 se presenta un esquema de acceso nuevo.



**Figura 3.26. Esquema de accesos nuevos**

Fuente: Google Earth, 2021

La actividad de rocería genera una cantidad de residuos que se deben disponer adecuadamente; para esto, en cada área de intervención se dispondrá un sitio específico para el acopio de estos residuos vegetales, para su posterior retiro de la zona o para que se pique y se incorpore al suelo orgánico almacenado y con ello se inicien actividades de descomposición.

Para todas las actividades de conformación de corredores temporales, se realizará un acta de vecindad y entorno, en donde se evaluará el estado de las áreas a emplear como accesos temporales, las cuales se registrarán el estado inicial y al finalizar las actividades se evaluará si hubo afectación en los tramos utilizados y se realizaran las actividades para dejar las áreas en las mismas condiciones encontradas.

### ✓ Ocupación de Cauce Temporal

La vía de acceso existente ViaAcceso-7 (VA-P1 en numeral 3.2.1.2.1.3), la cual cruza un cuerpo de agua correspondiente a un drenaje sencillo intermitente y que no posee una obra de arte para el paso sobre este, razón por la cual se instalará una obra de arte temporal que permitirá el desplazamiento de personal, transporte de equipos e insumos para acceder a los sitios de torre Care Gato ubicadas en la zona rural.

**Tabla 3-25. Características de ocupación de cauce temporal**

ID OCUPACIÓN DE CAUCE	NOMBRE OCUPACIÓN DE CAUCE	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADA MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12		VEREDA	MUNICIPIO
			ESTE	NORTE		
<b>OC-T1</b>	OCUPACIÓN DE CAUCE OC-T1	Afluente Quebrada Doima	4764537,53	2045228,93	Picaleña Sector Rural	IBAGUÉ

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Seguidamente en la Tabla 3.26 se presenta las coordenadas del Área de Adecuación de la vía existente **ViaAcceso-7** para la instalación de la Ocupación de Cauce Temporal para acceder a los sitios de torres y plazas de tendido de la Línea de Transmisión 230kV, y su localización se puede observar en la Figura 3.27 tanto del área de adecuación como de la localización de la ocupación de cauce temporal a instalar.

Ibagué y Piedras (Tolima)

**Tabla 3.26** Coordenadas del área de adecuación para ocupación de cauce temporal para la línea  
Transmisión 230 kV

AD-ACC-OCT1		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4758916,11	2044854,74
2	4758916,38	2044858,07
3	4758916,39	2044858,17
4	4758916,41	2044858,30
5	4758916,44	2044858,43
6	4758916,48	2044858,55
7	4758916,53	2044858,67
8	4758916,58	2044858,79
9	4758916,64	2044858,91
10	4758916,71	2044859,02
11	4758916,79	2044859,13
12	4758916,87	2044859,23
13	4758916,93	2044859,29
14	4758920,24	2044856,15
15	4758920,08	2044854,26
16	4758920,07	2044854,17
17	4758920,05	2044854,04
18	4758920,02	2044853,91
19	4758919,98	2044853,78
20	4758919,72	2044853,02
21	4758919,67	2044852,90
22	4758919,62	2044852,78
23	4758919,56	2044852,66
24	4758919,49	2044852,55
25	4758919,48	2044852,55
26	4758918,90	2044852,92

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)



Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.27. Área de Adecuación y Localización de la Ocupación de Cauce Temporal en acceso existente para acceder a los sitios de torres y plazas de tendido de la Línea de Transmisión 230kV**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

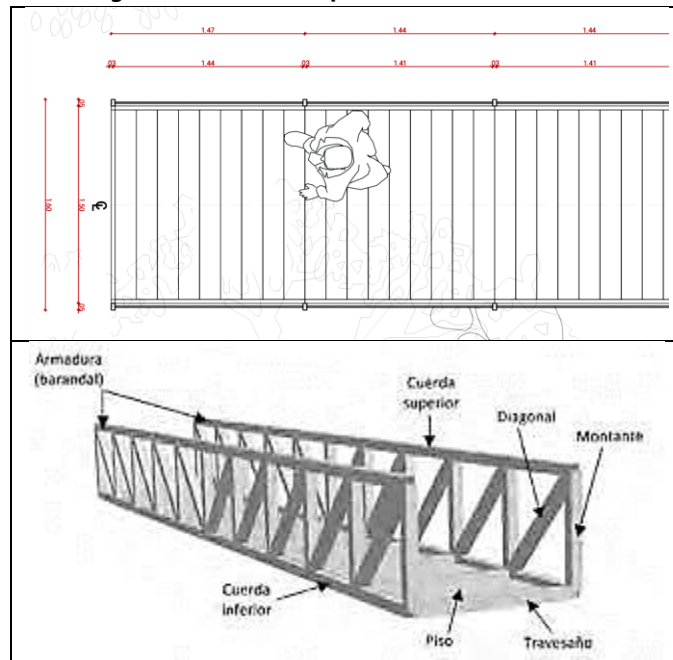
Esta infraestructura será temporal, en madera o metálicas, de fácil montaje y desmonte, procurando la protección del recurso agua y la seguridad del personal transeúnte. A continuación, se describen las características generales de las obras de arte posibles a utilizar.

- **Pontón en madera:** Elemento estructural de longitud menor a 10 m artificial de madera, que permite el paso de animales, vehículos livianos y personas sobre cuerpos de agua, vías férreas, u otros caminos; su diseño, para este caso, es de fácil montaje puesto que se requiere de forma temporal.

En la Figura 3.28, se presentan diseños tipo del pontón de madera a utilizar.

Ibagué y Piedras (Tolima)

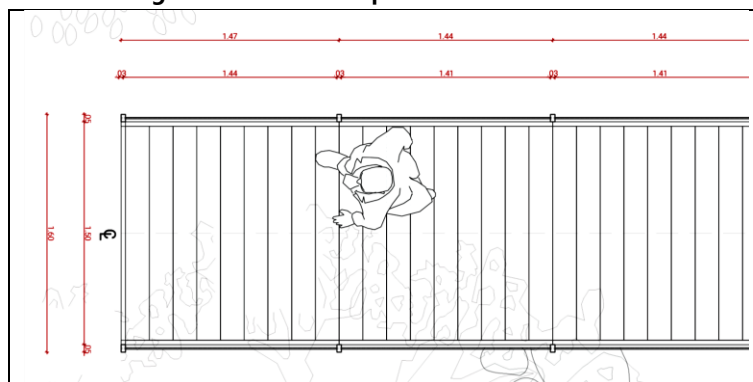
Figura 3.28 Diseño tipo – Pontón de Madera



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

- **Planchón metálico:** Estructura, similar al pontón de madera, de metal (acero), reforzado con vigas de este material para brindar mayor resistencia y mejores cargas (semovientes, vehículo Jeep®, camiones, etc.). En la Figura 3.29, se evidencia el diseño tipo correspondientes a estas estructuras.

Figura 3.29 Diseño tipo – Planchón metálico



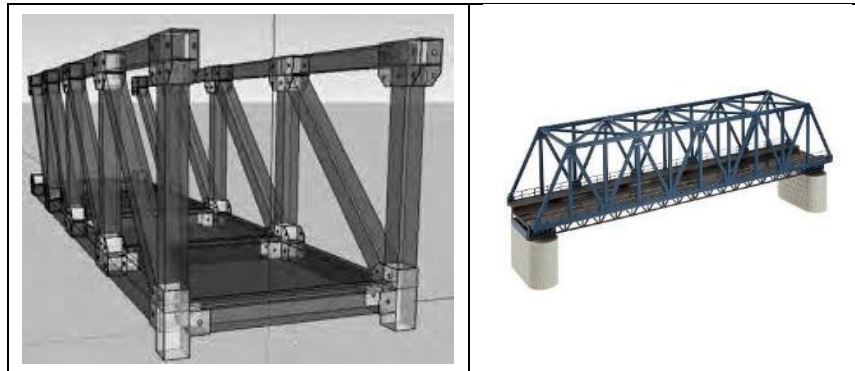
Ibagué y Piedras (Tolima)



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

- **Puente metálico:** Obra de arte especial requerida para cruzar a desnivel un accidente geográfico o un obstáculo artificial por el cual no es posible el tránsito en la dirección del eje (Figura 3.30).

Figura 3.30 Diseño tipo – Puente metálico



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Las especificaciones y dimensiones de las obras de arte dependerán de las condiciones y características del cuerpo de agua al momento de la instalación.

En el Capítulo 7 del presente EIA, se realiza la respectiva solicitud del permiso de ocupaciones de cauce para puntos permanentes y temporales.

#### 3.2.4.1.2 Infraestructura de generación de energía: Parque fotovoltaico Shangri-La

El parque fotovoltaico del Proyecto Shangri-La, será una planta de generación que utilizará paneles solares fotovoltaicos a base de silicón, seguidores horizontales de un solo eje e inversores centrales y transformadores de media tensión. La subestación interna del parque fotovoltaico elevará el voltaje interno del Proyecto a 230kV. Este Proyecto se interconectará a través de la Línea de Transmisión de 230kV a una bahía de alimentación nueva en la barra colectora de 230 kV de la subestación Miro lindo, propiedad de ISA Intercolombia S.A (diseño detallado en ANEXO C.4), ubicada cerca de la zona urbana de Ibagué (Tolima), en la vereda Alto Combeima (Figura 3.1).

En el ANEXO C.5 se presenta el Layout o Plano con el detalle de la infraestructura interna del Parque Solar del Proyecto Shangri-La.

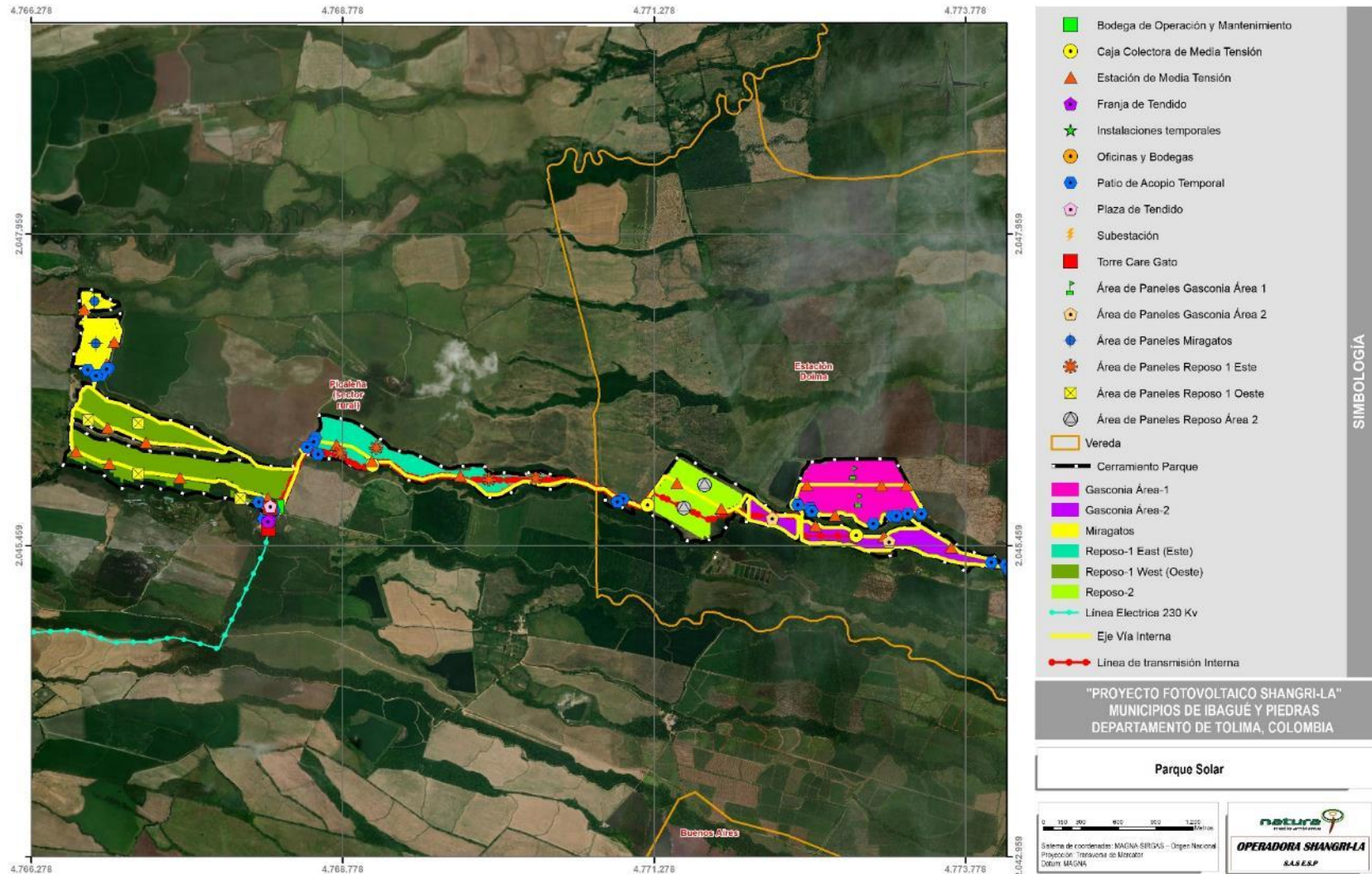


Figura 3.31 Ubicación general de infraestructura del Parque Fotovoltaico Shangri-La.

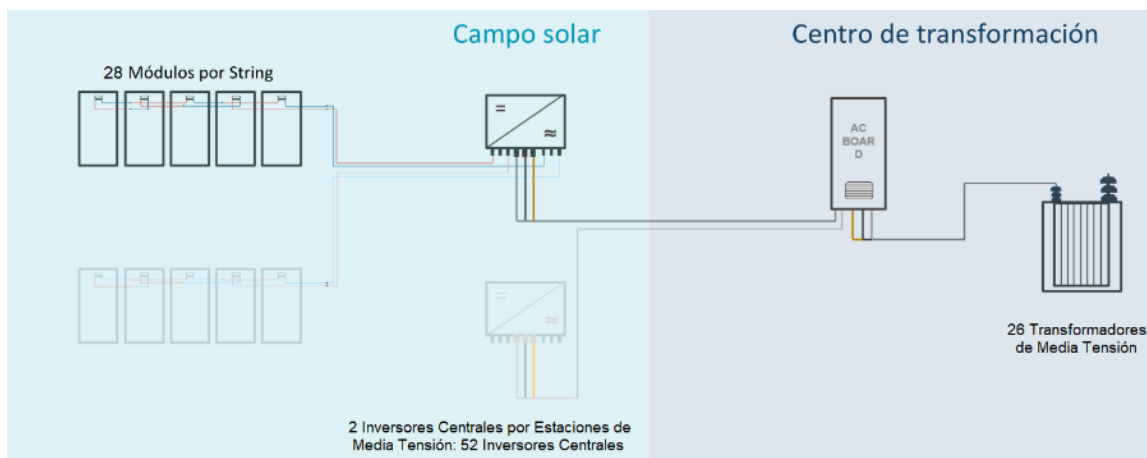
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

La planta fotovoltaica estará conformada por 6 áreas con un total de 387.688 módulos fotovoltaicos de 540 Wp (vatios o watts pico) de potencia, agrupados sobre seguidores horizontales con seguimiento a un eje. La planta a su vez estará compuesta por inversores, agrupados en veintiséis (26) estaciones de media tensión; obteniéndose en toda la planta una potencia pico total de 209,34 MWp y 160 MWn (potencia nominal de la planta) en corriente alterna.

Los equipos principales utilizados para convertir la energía solar en electricidad son:

- Módulos fotovoltaicos, que convierten la radiación solar en corriente continua.
- Seguidor de un eje o mono-eje, que sirve de soporte y orienta los módulos fotovoltaicos para minimizar el ángulo de incidencia entre los rayos solares y la superficie de los módulos durante el día.
- Inversores centrales, que convierten la DC (Corriente Continua) del campo solar a AC (Corriente Alterna).
- Transformadores de Media Tensión, que elevan el nivel de tensión de baja a media tensión es decir a 34,5 kV.
- Subestación Elevadora, que contienen el equipo necesario para elevar la tensión de media a alta: 34,5kV a 230kV para enviar la energía producida mediante la Línea de Transmisión.

La configuración eléctrica de la planta fotovoltaica se muestra en la Figura 3.32.



**Figura 3.32. Diagrama simplificado de la configuración eléctrica del Parque Solar.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Las seis (6) áreas que componen el parque se compondrán por 3 áreas con seguidores solares y 3 áreas con módulos fijos, y presentan las estimaciones de producción de MWp y MWac mostrados a continuación en la Tabla 3.27.

**Tabla 3.27. Áreas en el Parque, Tipo y Producción estimada**

ÁREA	TIPO	PRODUCCIÓN MWp	PRODUCCIÓN MWac
MIRAGATOS	E-W GFT	22,50	18,75
REPOSO 1 – WEST	TRACKER (SEGUIDORES)	48,44	35,00
REPOSO 1 – EAST	TRACKER (SEGUIDORES)	23,47	18,75
REPOSO 2	TRACKER (SEGUIDORES)	21,98	18,75
GASCONIA AREA 1	E-W GFT	59,69	43,75
GARCONIA AREA 2	E-W GFT	33,26	25,00
<b>TOTAL</b>	-	<b>209,34</b>	<b>160</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Los datos eléctricos de los módulos fotovoltaicos están sometidos a tolerancias y pueden variar. Con ello, la potencia total de la instalación fotovoltaica puede, en caso dado, variar en un 0/+3%.

Las Áreas tipo E-W GFT (East-West Ground Fixel Tild: Este-Oeste Inclinación Fija en el Terreno) tendrán módulos con Inclinación fija en el terreno, y en las áreas TRACKER sus módulos están instalados sobre Seguidores solares, los cuales son equipos que giran los módulos siguiendo la trayectoria del sol de este a oeste.

A continuación, se describen las características técnicas de cada uno de los equipos principales utilizados para la generación y distribución de energía.

#### 3.2.4.1.2.1 Características, dimensiones y pesos de los paneles (módulos) solares a instalar

El panel solar fotovoltaico es el elemento fundamental de cualquier sistema fotovoltaico y tiene como función principal captar la energía solar incidente y generar corriente eléctrica. Está formado por un conjunto de células solares asociadas entre ellas en serie y paralelo.

Los paneles fotovoltaicos están formados por materiales semiconductores, principalmente silicio, capaces de transformar parte de la energía solar incidente por el sol en energía eléctrica. El principio de funcionamiento viene descrito por el efecto fotovoltaico, que se define como la liberación de electrones de valencia del material semiconductor, ligados débilmente al núcleo de los átomos, al recibir la energía de los fotones procedentes de la radiación solar que incide. Esto les permite circular libremente por el material y producir electricidad. Seguidamente se presenta la descripción de los módulos de paneles fotovoltaicos a emplear en el Proyecto.

El módulo fotovoltaico seleccionado de manera preliminar en los diseños es el modelo Bifacial LR5-72HBD- 540, fabricado por Longi. Tiene una potencia máxima de 540.0 W, y



la tecnología de las células es Hi-MO 5 de M10 Gallium-doped con una garantía de 30 años de generación.

Las características del módulo fotovoltaico elegido se muestran en la Tabla 3-28 obtenidos de la Ficha técnica del fabricante (Ver Anexo C.6).

**Tabla 3-28. Característica de los módulos fotovoltaicos.**

<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b>	
Modelo	LR5-72HBD- 540
Fabricante	LONGI
Tecnología	Hi-MO 5
Tipo de módulo	Monocristalinos bifaciales (silicona)
Máxima tensión	DC 1500 V
<b>STANDARD TEST CONDITIONS (STC)</b>	
Potencia máxima	540.0 W
Eficiencia	21.1 %
Tensión MPP	41.5 V
Corriente MPP	12.9 A
Tensión a circuito abierto	49.5 V
Corriente de cortocircuito	13.85 A
<b>COEFICIENTES DE TEMPERATURA</b>	
Coeficiente de potencia	-0.350 %/°C
Coeficiente de tensión	-0.284 %/°C
Coeficiente de corriente	+0.050 %/°C
<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>	
Largo	2256.0 mm
Ancho	1133.0 mm
Grosor	35.0 mm
Peso	32.3 kg
Orientación de Célula	144 (6x24)
Cantidad de Módulos	387.688 unidades

Fuente: LONGI, 2021.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Las especificaciones finales pueden variar en consecuencia con la ingeniería de detalle del Proyecto. Seguidamente en la Figura 3.33 se presenta un esquema de los módulos fotovoltaicos seleccionados preliminarmente.

Ibagué y Piedras (Tolima)

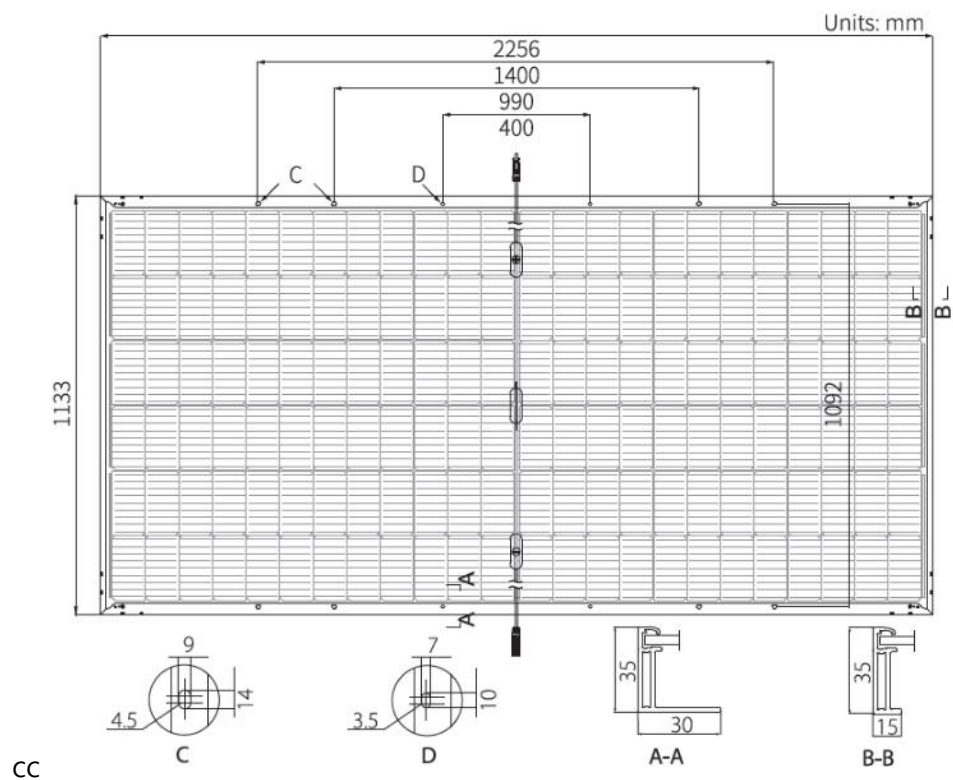
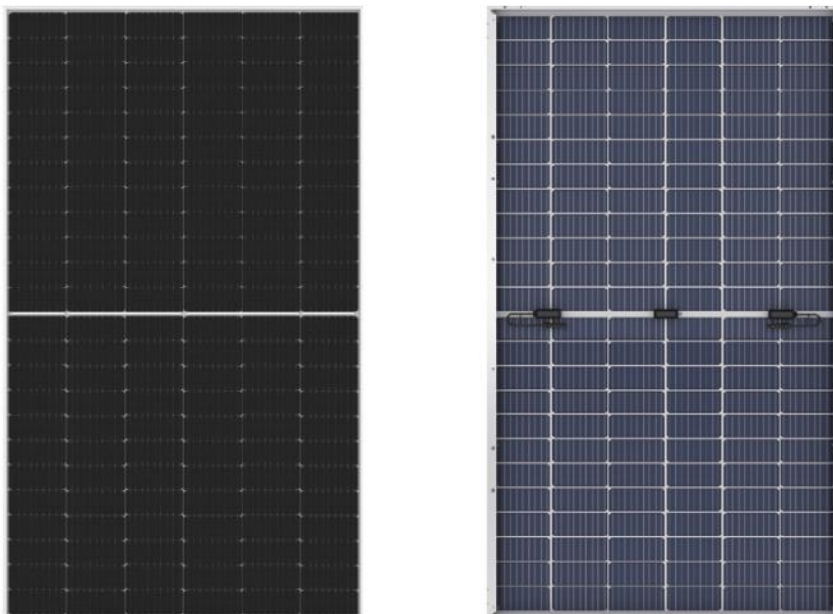


Figura 3.33 Esquema del Módulo Fotovoltaico Monocristalinos bifaciales (silicona)

Fuente: LONGI, 2021.

3.2.4.1.2.2 Ubicación, distribución aproximada y número de módulos fotovoltaicos a instalar en el Proyecto:

Los módulos se instalarán sobre seguidores mono-ejes horizontales en grupos llamados mesas, estas mesas tienen una distancia de separación (pitch) entre ellas. En el diseño se tomó intercalar la distancia entre filas en 2m y 13m para permitir un total acceso carretable en cualquier parte del parque optimizando el terreno ocupado, y la distribución aproximada será de la siguiente manera:

- Número aproximado de módulos: 387.688.
- Dimensiones promedio de una mesa: 31,938 m de largo x 4,522 m de ancho.
- Espaciamiento entre mesas: 0,5 metros
- Espacio entre ejes de filas de mesas: 2 m a 13 m.
- Módulos por mesas: 56 en Áreas con seguidores y 112 en Áreas de eje fijo o tipo E-W GFT

En la Tabla 3.29 se presenta la distribución de los módulos fotovoltaicos por cada área del Parque Solar.

**Tabla 3.29. Número de módulos fotovoltaicos a instalar por Parque Solar**

ÁREA	TIPO	NÚMERO DE MÓDULOS
MIRAGATOS	E-W GFT	41.664
REPOSO 1 – WEST	TRACKER (SEGUIDORES)	89.712
REPOSO 1 – EAST	TRACKER (SEGUIDORES)	43.456
REPOSO 2	TRACKER (SEGUIDORES)	40.712
GASCONIA AREA 1	E-W GFT	110.544
GARCONIA AREA 2	E-W GFT	61.600
<b>TOTAL</b>	-	<b>387.688</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

#### 3.2.4.1.2.3 Seguidores solares mono-ejes horizontales NexTracker

El seguidor solar es la estructura metálica sobre la que se montan los módulos fotovoltaicos. Esta estructura móvil permite que los módulos giren siguiendo al sol de este a oeste como ejemplifica la Figura 3.34.

**Figura 3.34 Movimiento durante el día de seguidor solar**



Fuente: gigawattsolar.in

Están provistos de una transmisión mecánica que permite girar al unísono todos los ejes propios de cada panel a fin de modificar la orientación. Se dispone un motor que a través de una transmisión mecánica mueve el eje.

Mecánicamente, los seguidores son idénticos; cada uno de ellos está formado por un eje central solidario a los módulos fotovoltaicos, movido por una biela accionada por un motor reductor autoalimentado por una célula situada en el seguidor, que generará la energía necesaria para el movimiento del motor, así como para el arranque por la mañana.

Los módulos solares fotovoltaicos se montarán en seguidores solares de un eje horizontal del fabricante NexTracker, integrados en estructuras metálicas que combinan piezas de acero galvanizado e inoxidable, formando una estructura fijada al suelo.

Estos están compuestos por un sistema autoalimentado con comunicaciones de desempeño inteligente: Unidades independientes en cada fila que incluyen un panel PV dedicado para brindar energía al controlador. Esto impulsa al motor y alberga la

electrónica de control inteligente que ubica en posición a cada seguidor solar. La función de comunicación inteligente incorporada permite acceder a distancia a los sistemas NX Horizon.

Cuenta con filas balanceadas independientes con rango rotativo de 120 grados: Cada fila de NX Horizon tiene su propio motor controlado, con rango rotativo que suministra 2 % más de energía que los seguidores solares con filas enlazadas tradicionales. En menos de 90 segundos estas filas livianas e independientes se disponen de manera de reducir las fuerzas del viento sobre la formación, y proteger los módulos fotovoltaicos en entornos que cambian con demasiada rapidez. Además, los seguidores solares NX Horizon cuentan con un diseño de filas equilibrado mecánicamente que logra alinear los paneles PV con el eje de rotación del seguidor, esto reduce significativamente la carga de torsión, y utiliza menos de la energía con que el motor funciona durante el día.

Los seguidores mono-eje están diseñados para minimizar el ángulo de incidencia entre los rayos solares y el plano del panel fotovoltaico. El sistema de seguimiento consiste en un dispositivo electrónico capaz de seguir el sol durante el día. Las principales características del sistema de seguimiento se resumen en la Tabla 3.30 obtenidos de la Ficha técnica del fabricante (Ver Anexo C.6).

**Tabla 3.30. Principales características del seguidor mono-eje.**

Características del seguidor mono-eje	
<b>Modelo</b>	Tracker NX Horizon
<b>Fabricante</b>	NEXTRACKER
<b>Tecnología</b>	Seguidor en un eje horizontal con masa balanceada y filas de accionamiento independiente
<b>Sistema de control</b>	1 controlador autoalimentado (SPC) por seguidor solar; 1 unidad de control de red (NCU) por 100 SPC
<b>Rango de seguimiento</b>	Hasta 120° (± 60°)
<b>Sistema de comandos</b>	Un motorreductor de 24 VDC y controlador autoalimentado con panel solar dedicado por fila
<b>Capacidad de CC</b>	23-35 kWp por fila de seguidores, según el tipo de panel
<b>Voltaje del sistema</b>	Flexible, según diseño del sistema
<b>Consumo de energía</b>	No necesita energía de la red

<b>Características del seguidor mono-eje</b>	
<b>Ratio de cobertura de terreno</b>	Totalmente configurable por el cliente; rango típico entre 33 %-50 %
<b>Método de instalación</b>	Montaje rápido en campo, no es necesario soldar
<b>Tipos de cimiento</b>	Compatible con la mayoría de los principales tipos de cimiento (columna de fijación, carpeta de concreto, tornillo a tierra)
<b>Diseño de viento estándar</b>	100 mph/161 km/h con ráfagas de 3 segundos conforme a ASCE7-10; configurable para vientos de mayor velocidad
<b>Disposición segura</b>	Disposición automática contra el viento y la nieve, con energía de reserva independiente; no requiere alimentación externa
<b>Limitador de par de torsión</b>	Se incluye en cada cimiento/apoyo para brindar protección extra contra la carga del viento y la nieve.
<b>Materiales principales</b>	Acero galvanizado e inoxidable
<b>Método de puesta a tierra</b>	Estructura de autopuesta a tierra; no se requiere usar otros materiales ni mano de obra
<b>Cumplimiento</b>	Conexión a tierra/unión: UL2703; diseño estructural: ASCE7-10
<b>Otras opciones disponibles</b>	Sensores de nieve y detectores de inundación
<b>Garantía</b>	10 años para componentes estructurales; 5 años para sistemas de accionamiento y control
<b>Dimensiones típicas</b>	Altura 2,1 m/6,8 ft (a 60°); ancho 2,0 m/6,4 ft; longitud 85 m/283 ft

Fuente: NEXTRACKER, 2016.

En la Figura 3.35 se muestra el esquema de un seguidor mono-eje Tracker NX Horizon.

Ibagué y Piedras (Tolima)

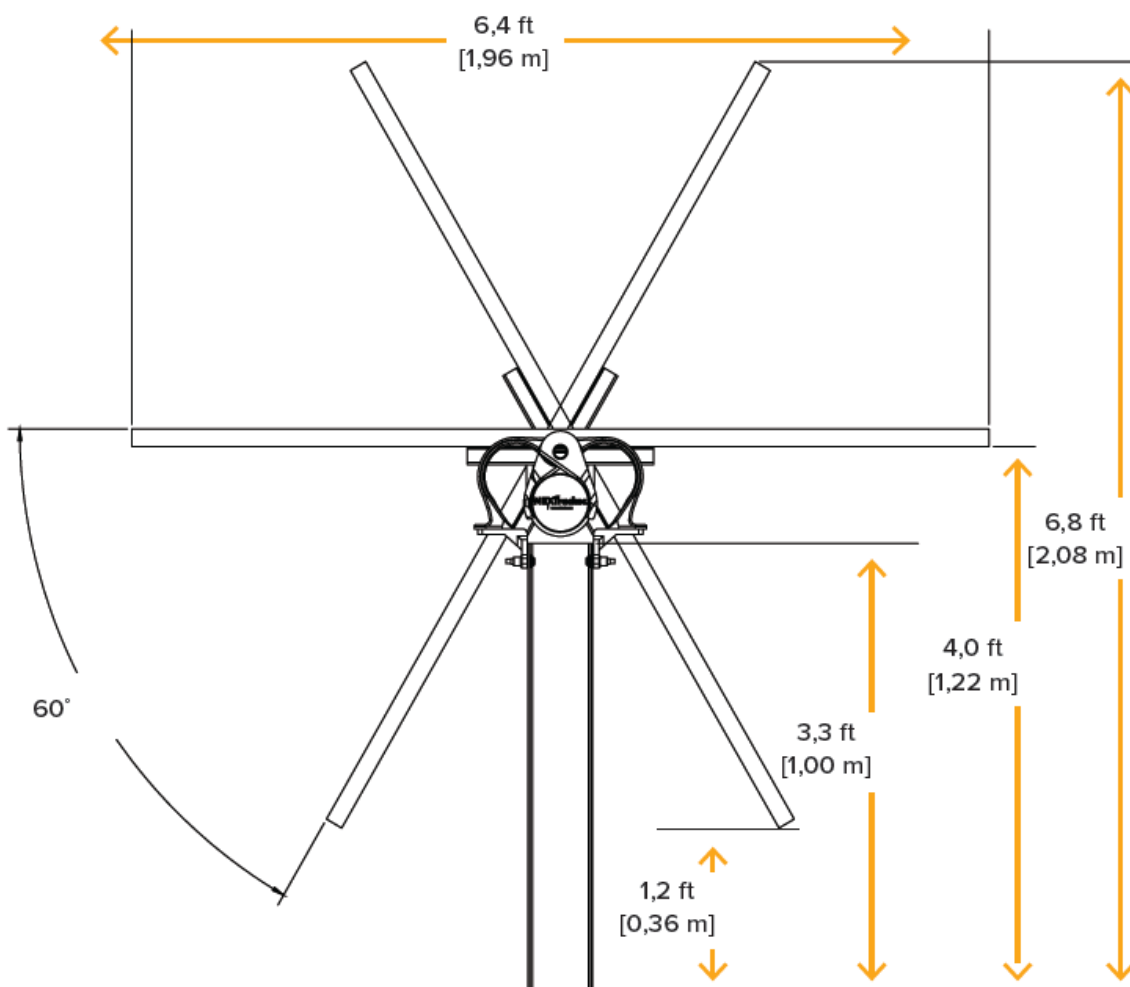


Figura 3.35. Esquema de un seguidor mono-eje Tracker NX Horizon

Fuente: NEXTRACKER, 2016-2021.



Configuración típica c-Si de 72 células: fila de 85 m con 80 paneles montados en posición vertical como se muestra en el siguiente esquema:



Sin embargo, a partir de los diseños y las dimensiones de los módulos preseleccionados, se estima un máximo de 336 módulos (paneles solares) por seguidor, en una configuración de hasta 6 mesas por seguidores y 56 módulos por mesas.

Las áreas del Parque Solar que contarán con seguidores (Áreas tipo TRACKER) tendrán el siguiente montaje:

- 56 módulos por cada mesa
- 26 módulos por cada franja
- 6 tablas por cada rastreador (máximo)
- 2 franjas por cada mesa
- 12 franjas por cara rastreador (máximo)
- Rango de movimiento del seguidor +/-55°
- Azimut 0°

Y las áreas con módulos de inclinación fija al terreno ó de eje fijo (Áreas tipo E-W GFT) tendrá el siguiente montaje:

- 112 módulos por cada mesa
- 28 módulo por franja
- 4 franjas por mesas
- Inclinación 8°
- Azimut 0°

Para el parque fotovoltaico SHANGRI-LA se requerirá de hasta 387.688 módulos, los cuales ubicarán en los polígonos de las seis (6) áreas del parque que se muestra a continuación en la Figura 3.36 y sus coordenadas se pueden detallar en el Anexo C.2.

Ibagué y Piedras (Tolima)

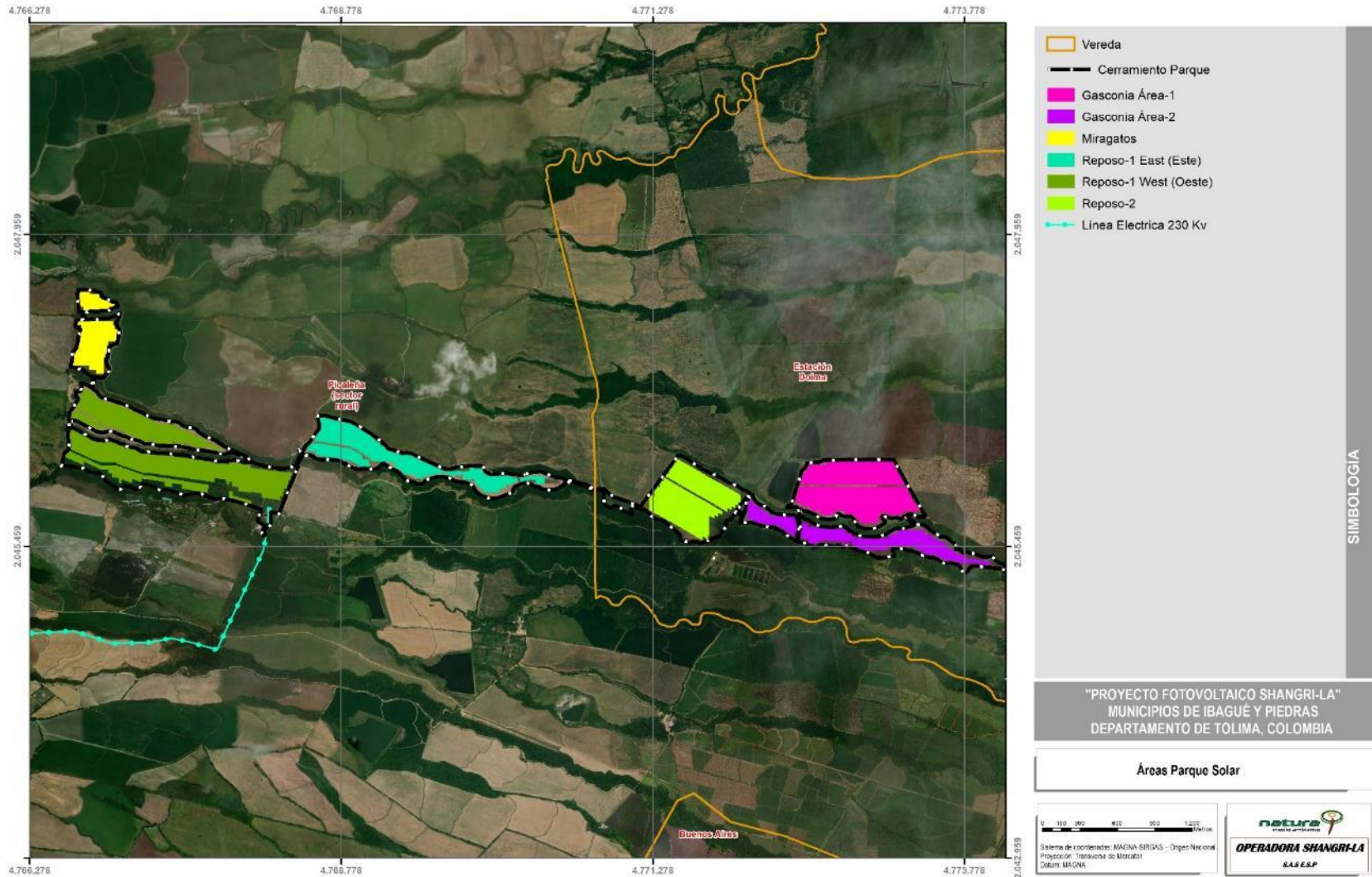


Figura 3.36. Localización de los Módulos Fotovoltaicos

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### 3.2.4.1.2.4 Estaciones de Media Tensión

Las Estaciones de Media Tensión en el Parque Solar tienen dos funciones, la primera es que mediante los Inversores Centrales se convierte la energía de Corriente Continua (DC) generada en los módulos solares a Corriente Alterna (AC) la cual sale con una baja tensión, y la segunda función de esta estación es transformar la AC de Baja Tensión (BT) a corriente de Media Tensión (MT), esto mediante Transformadores de Media Tensión, los cuales son descrito a continuación, y serán ubicados en el parque de la manera mostrada en la Figura 3.37 y sus coordenadas de ubicación se presenta en la Tabla 3.31

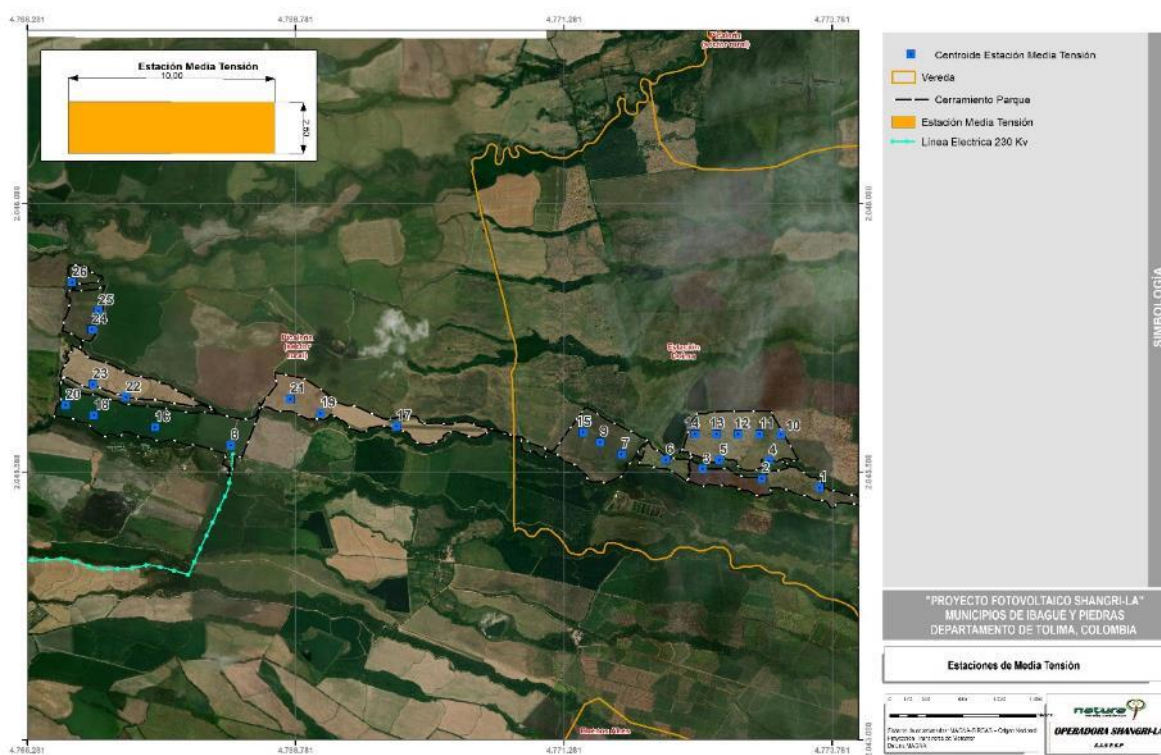


Figura 3.37. Localización de las Estaciones de Media Tensión

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Tabla 3.31. Coordenadas de Localización de las Estaciones de Media Tensión

ÁREA	ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
		ESTE	NORTE
MIRAGATOS	EMT-24	4766884,62	2046916,82
	EMT-25	4766943,94	2047093,21
	EMT-26	4766702,21	2047355,86
REPOSO 1 – WEST	EMT-8	4768178,86	2045836,76
	EMT-16	4767471,54	2046003,42
	EMT-18	4766905,26	2046116,91
	EMT-20	4766638,35	2046212,35
	EMT-22	4767200,45	2046286,63
	EMT-23	4766892,86	2046403,78
REPOSO 1 – EAST	EMT-17	4769723,01	2046016,15
	EMT-19	4769013,85	2046135,69
	EMT-21	4768730,50	2046267,80
REPOSO 2	EMT-7	4771819,50	2045753,24
	EMT-9	4771619,96	2045867,57
	EMT-15	4771462,42	2045957,83
GASCONIA AREA 1	EMT-4	4773190,53	2045693,20
	EMT-5	4772731,40	2045700,06
	EMT-10	4773305,15	2045939,49
	EMT-11	4773105,30	2045940,03
	EMT-12	4772905,45	2045940,56
	EMT-13	4772705,60	2045941,10
	EMT-14	4772505,75	2045941,64
GARCONIA AREA 2	EMT-1	4773666,23	2045442,13
	EMT-2	4773126,59	2045527,61
	EMT-3	4772576,00	2045616,91
	EMT-6	4772234,38	2045702,23

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

#### 3.2.4.1.2.4.1 *Inversores Centrales Sungrow SG3125HV-30*

El inversor convierte la corriente continua producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna. Los inversores seleccionados de manera preliminar para los diseños son de la marca Sungrow modelo SG3125HV-30 tipo central, y presenta las siguientes propiedades que otorga alto rendimiento, ahorro, operación y mantenimiento inteligente:

- Tecnología avanzada de tres niveles, eficacia máxima del inversor de 99 %
- Refrigeración efectiva, funcionamiento a potencia nominal a 50 °C.
- Bajo costo de transporte e instalación gracias al diseño para exterior
- Sistema de 1500 V CC, bajo costo
- Función Q Rango opcional
- Función integrada de monitoreo de zonas para análisis y resolución de problemas en línea
- Diseño modular, mantenimiento sencillo
- Práctica pantalla táctil externa
- Conformidad con las normas: IEC 61727, IEC 62116
- Continuidad de la operación tras una subida/bajada de tensión (L/HVRT)
- Control de potencia activa y reactiva, y control de tasa de aceleración de potencia

En la Figura 3.38 se muestra un inversor tipo comúnmente usado para Proyectos fotovoltaicos.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.38. Esquema de un inversor central SG3125HV-30**

Fuente: Sungrow Power Supply Co., Ltd., 2021.

Seguidamente, en la Figura 3.39 se presenta el esquema de conexión de estos inversores centrales, y en la Figura 3.40 se muestra la curva de rendimiento que demuestra la eficiencia de los inversores seleccionados preliminarmente.

Ibagué y Piedras (Tolima)

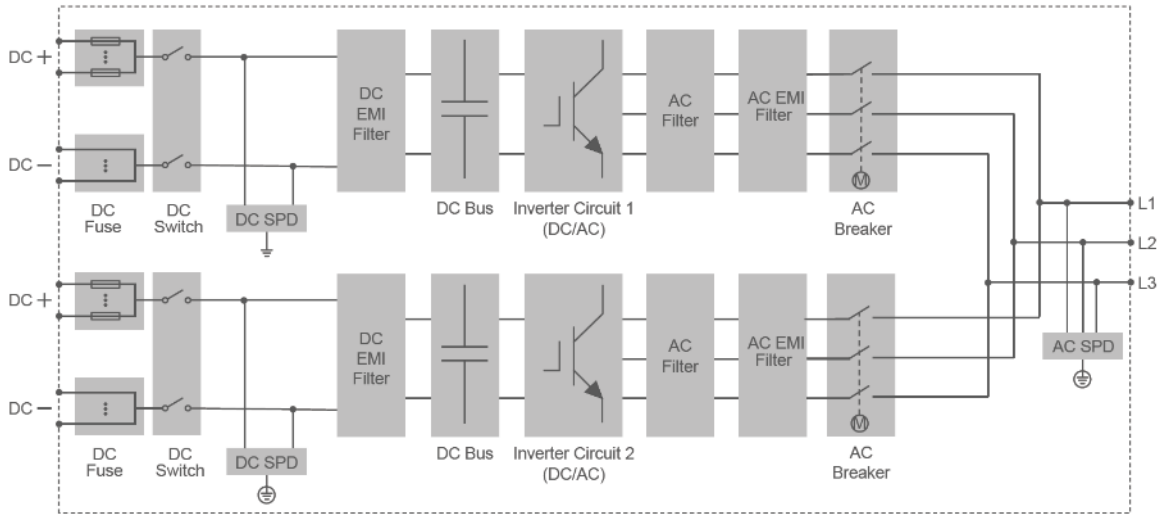


Figura 3.39. Esquema de Conexiones de un inversor central SG3125HV-30

Fuente: Sungrow Power Supply Co., Ltd., 2021.

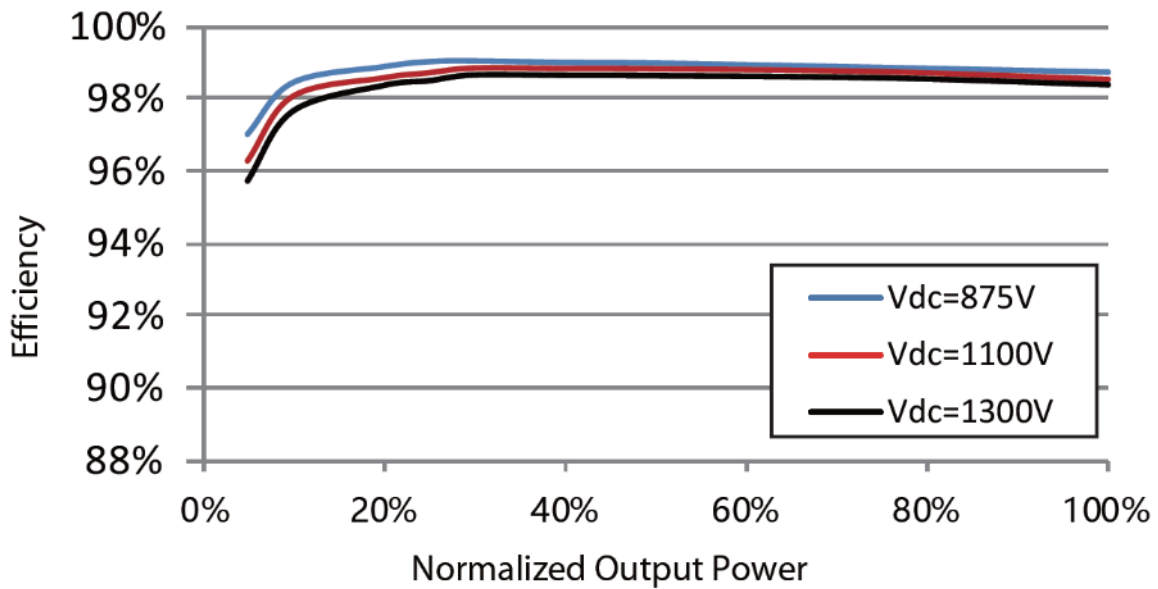


Figura 3.40. Curva de rendimiento de un inversor central SG3125HV-30

Fuente: Sungrow Power Supply Co., Ltd., 2021.

Las principales características del inversor seleccionado se muestran en la Figura 3.41, las cuales son tomadas de la ficha técnica del fabricante, la cual se puede detallar en el Anexo C.6.

**Figura 3.41. Principales Características del inversor central SG3125HV-30**

Tipo de designación	SG3125HV-30
<b>Entrada (CC)</b>	
Tensión máx. de entrada fotovoltaica	1500 V
Tensión de entrada fotovoltaica/tensión de entrada de arranque mínima	875 V / 915 V (875 V – 1300 V configurable)
Rango de tensión del MPP	875 a 1300 V
Cantidad de entradas independientes del MPP	2
Cantidad de entradas de CC	18 (opcional: 22/24 entradas negativas a tierra o flotantes; 28 entradas negativas a tierra)
Corriente máx. de entrada fotovoltaica	3997 A
Corriente de cortocircuito de CC máx.	10 000 A
Configuración de conjunto fotovoltaico	Puesta a tierra negativa o flotante
<b>Salida (CA)</b>	
Potencia de salida de CA	3437 kVA @ 45 °C, 3125 kVA @ 50 °C
Corriente máx. de salida de CA	3308 A
Tensión de CA nominal	600 V
Margen de tensión de CA	510 a 660 V
Frecuencia nominal de red / Margen de frecuencia de red	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Armonicos (THD)	< 3 % (a potencia nominal)
Inyección de CC	< 0,5 % entrada
Factor de potencia a alimentación nominal / Factor de potencia ajustable	> 0,99 / 0,8 en adelanto – 0,8 en retraso
Fases de alimentación/conexión de CA	3 / 3-PE
<b>Eficiencia</b>	
Eficiencia máx.	99.0%
Eficiencia europea	98.7%
<b>Protección y función</b>	
Protección de entrada de CC	Seccionador de carga + fusible
Protección de salida de CA	Disyuntor
Protección contra sobretensiones	Tipo I + II de CC / Tipo II de CA
Monitoreo de red / Monitoreo de falla de conexión a tierra	Sí / Sí
Monitoreo de la aislación	Sí
Protección contra Sobrecarga	Sí
Función Q en la noche	Opcional
<b>Información general</b>	
Dimensiones (anch. x alt. x prof.)	2280x2280x1600 mm
Peso	3,2 T
Topología	Sin transformador
Grado de protección	IP55 (opcional: IP65)
Consumo de energía durante la noche	<200 W
Margen de temperatura ambiente de funcionamiento	-35 a 60 °C (> 50 °C disminución de la capacidad nominal)
Margen de humedad relativa permitido	0 – 100 %
Método de refrigeración	Refrigeración con aire forzado para control de la temperatura
Altitud de funcionamiento máx.	4000 m (> 3000 m disminución de la capacidad nominal)
Pantalla	Pantalla táctil
Comunicación	Estándar: RS485, Ethernet
Cumplimiento	CE, CEA-2019, IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116
Soporte de red	Función Q en la noche (opcional), L/HVRT, control de potencia activa y reactiva y control de tasa de aceleración de la potencia

Fuente: Sungrow Power Supply Co., Ltd., 2021.



Para el Parque Fotovoltaico Shangri-La se requerirá de hasta 52 Inversores Centrales según la distribución presentada en la Tabla 3.32.

**Tabla 3.32. Cantidad de Inversores por Áreas del Parque**

ÁREA	TIPO	INVERSORES CENTRALES
MIRAGATOS	E-W GFT	6
REPOSO 1 – WEST	TRACKER (SEGUIDORES)	12
REPOSO 1 – EAST	TRACKER (SEGUIDORES)	6
REPOSO 2	TRACKER (SEGUIDORES)	6
GASCONIA AREA 1	E-W GFT	14
GARCONIA AREA 2	E-W GFT	8
<b>TOTAL</b>	-	<b>52</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

#### 3.2.4.1.2.4.2 Transformadores de Media Tensión (MV STATION)

El transformador de media tensión eleva la tensión de salida AC del inversor a 34,5 kV para lograr una transmisión de mayor eficiencia en las líneas de media tensión de la planta fotovoltaica. Un ejemplo de un transformador de potencia se muestra en la Figura 3.42.



**Figura 3.42. Ejemplo de un transformador de potencia.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Las principales características del transformador de potencia se muestran en la Tabla 3.33.

**Tabla 3.33. Características del transformador de media tensión**

<b>Características transformador de media tensión</b>	
<b>Potencia nominal</b>	5400.0 kVA
<b>Relación de transformación</b>	0.4/34.5kV
<b>Sistema de refrigeración</b>	ONAN
<b>Cambiador de tomas</b>	2.5%, 5%, 7.5%, 10%
<b>Corto circuito (Xcc)</b>	0.08
<b>Cantidad de Transformadores de Media Tensión</b>	26

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Los Transformadores de Media Tensión son diseñados para soportar los armónicos producidos por los inversores, el sistema de aislamiento de sus devanados se diseña para soportar las altas tensiones a tierra producidas por los circuitos electrónicos, así como también se diseña para soportar voltajes que contienen altas pendientes de tensión provenientes del inversor durante su funcionamiento. Entre las características especiales se incluye una pantalla electrostática entre los devanados, que facilita el aislamiento galvánico y permite desacoplar capacitivamente los pulsos de alta frecuencia provenientes de la red, protegiendo los circuitos electrónicos. Además, dicha pantalla sirve como un filtro adicional y presenta un diseño que minimiza las pérdidas de energía. Adicionalmente son fabricados con 3 devanados para elevar el voltaje de baja tensión y proveer aislamiento galvánico de dos inversores de manera independiente.

Estos transformadores especiales se fabrican con chapa magnética de muy bajas pérdidas, lo cual aumenta la eficiencia, minimiza las pérdidas y las corrientes de vacío, manteniendo un nivel muy bajo de ruido audible. Adicionalmente, los transformadores se diseñan para tener las impedancias adecuadas que permiten el acople con los inversores y presenta un diseño térmico que permite trabajar en lugares con temperatura ambiente alta.

Los Transformadores para aplicaciones solares se pueden fabricar sumergidos en aceite dieléctrico, en este caso son del tipo pedestal con terminales de frente muerto, los cuales

cuentan con un gabinete y compartimientos sellados tanto para los terminales de alta tensión, como para los de baja tensión. Además, el transformador pedestal posee elementos de conexión, protección y maniobra incorporados (propios de una subestación), que protegen el equipo.

Por otro lado, se pueden fabricar transformadores con aislamiento tipo seco, en este caso pueden ser transformadores tipo Baja-Baja o transformadores para media tensión, estos últimos poseen sus devanados encapsulados en resina epóxica en un proceso bajo vacío, lo cual garantiza un nivel mínimo de descargas parciales. Los transformadores con aislamiento tipo seco, utilizan materiales resistentes al fuego y auto-extinguibles, lo cual los hace muy seguros y libres de mantenimiento, además debido a que no utiliza aceite dieléctrico facilita su instalación en interiores, permitiendo realizar una optimización del espacio.

Para el Parque Solar fotovoltaico Shangri-La se requerirá de hasta 26 Estaciones de media tensión, donde cada una estará compuestas por un (1) Transformador de Media Tensión y dos (2) Inversores Centrales, y estarán distribuidos de la siguiente manera por cada una de las seis (6) áreas que componen el parque:

**Tabla 3.34. Cantidad de Estaciones de Media Tensión por Áreas del Parque**

ÁREA	TIPO	ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN
MIRAGATOS	E-W GFT	3
REPOSO 1 – WEST	TRACKER (SEGUIDORES)	6
REPOSO 1 – EAST	TRACKER (SEGUIDORES)	3
REPOSO 2	TRACKER (SEGUIDORES)	3
GASCONIA AREA 1	E-W GFT	7
GARCONIA AREA 2	E-W GFT	4
<b>TOTAL</b>		<b>26</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

#### 3.2.4.1.2.5 Cajas Colectoras de Media Tensión y Líneas de Transmisión de Media Tensión

Las Cajas Colectoras de Media Tensión del Parque Solar se encargan de recolectar la corriente alterna de Media Tensión enviada desde las 26 Estaciones de Media Tensión, con la finalidad de combinar la energía y enviarla mediante líneas de Transmisión de Media Tensión a 34,5kV hasta la Subestación Elevadora de manera subterránea mediante Zanjas descritas más adelante.

Se instalará en el Parque Solar cuatro (4) Cajas Colectoras o Centro de seccionamiento, los cuales son descritos con mayor detalle posteriormente en el numeral 3.2.4.2.6.1.4, y tendrán una superficie aproximada de 400 m<sup>2</sup> y unas dimensiones de 20x20 metros. Adicionalmente mediante zanjas subterráneas (ver numeral 3.2.4.1.2.16.9) se instalarán cinco (5) Líneas de Transmisión de Media Tensión internas del parque a 34,5 kV, con la finalidad de llevar la energía de media tensión combinada en las Cajas Colectoras hasta la Subestación Elevadora descrita en el siguiente numeral.

A continuación, en la Figura 3.43 se presenta la ubicación de las Cajas Colectoras de Media Tensión junto con las Líneas de Transmisión de Media Tensión Internas del Parque, y sus coordenadas se presentan en la TTTT y TTTT respectivamente

Ibagué y Piedras (Tolima)

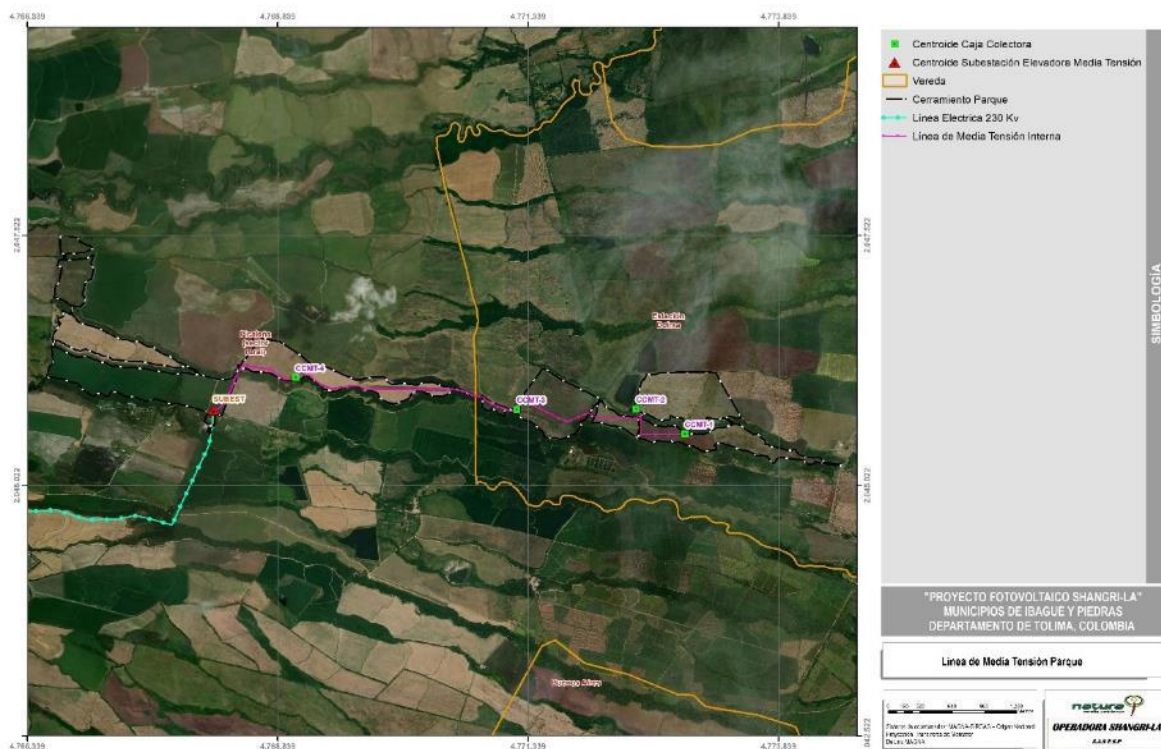


Figura 3.43. Localización de las Cajas Colectoras de Media Tensión y Líneas de Transmisión de Media Tensión internas del Parque Solar

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Tabla 3.35. Coordenadas de Localización de las Cajas Colectoras de Media Tensión

CCMT-1			CCMT-3		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
1	4772912,85	2045548,61	1	4771237,64	2045792,96
2	4772912,79	2045528,61	2	4771237,59	2045772,96
3	4772892,79	2045528,66	3	4771217,59	2045773,01
4	4772892,84	2045548,66	4	4771217,64	2045793,01
CCMT-2			CCMT-4		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
1	4772429,70	2045797,76	1	4769028,44	2046112,90
2	4772429,64	2045777,75	2	4769028,39	2046092,90
3	4772409,64	2045777,80	3	4769008,39	2046092,95
4	4772409,69	2045797,81	4	4769008,44	2046112,95

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

**Tabla 3.36. Longitudes y Coordenadas de Vértices de las Líneas de Transmisión de Media Tensión internas del Parque Solar**

ID DE LÍNEA INTERNA	LONGITUD (m)	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	LONGITUD (m)	Magna Sirgas Origen Nacional			
		Este	Norte			Este	Norte		
LTI-1	151,89	4772429,64	2045777,75	LTI-4	1097,55	4769008,39	2046092,95		
		4772436,56	2045771,50			4769008,38	2046089,91		
		4772461,92	2045709,26			4768914,73	2046090,16		
		4772461,87	2045692,50			4768810,26	2046146,71		
		4772426,54	2045692,59			4768783,68	2046180,58		
		4772422,14	2045695,27			4768496,32	2046228,53		
		4772404,03	2045695,32			4768462,99	2046196,14		
LTI-2	3438,77	4771217,59	2045773,01			LTI-5	4761,92	4768419,65	2046114,13
		4771180,14	2045760,23					4768400,21	2046071,80
		4770962,71	2045841,36					4768400,17	2046057,22
		4770914,97	2045875,40					4768342,86	2045927,47
		4770880,27	2045906,29					4768310,75	2045849,77
		4770864,57	2045910,30					4768237,99	2045787,31
		4770854,67	2045911,08					4768212,51	2045787,38
		4770806,77	2045911,20	4772404,03	2045695,32				
		4770737,90	2045948,40	4772020,70	2045701,26				
		4770635,96	2045974,74	4771950,06	2045747,76				
		4770577,14	2045981,02	4771922,49	2045747,92				
		4769772,50	2045983,18	4771725,61	2045660,50				
		4769728,94	2045983,30	4771264,72	2045883,49				
		4769643,76	2046017,73	4771182,97	2045771,47				
		4769606,86	2046018,02	4771176,98	2045767,12				
		4769571,61	2046020,68	4770965,56	2045845,21				
		4769520,44	2046011,81	4770917,62	2045878,93				
		4769492,33	2046005,38	4770882,21	2045910,14				
		4769471,72	2046001,65	4770854,99	2045915,73				
		4769459,41	2045997,73	4770808,98	2045915,85				
		4769429,03	2045987,98	4770739,16	2045952,67				
		4769412,10	2045985,49	4770637,37	2045978,91				
		4769349,46	2046002,44	4770578,11	2045985,13				
		4769274,17	2046022,48	4769774,16	2045987,29				
		4769252,23	2046043,38	4769725,84	2045987,42				
		4769231,71	2046061,34	4769643,93	2046018,73				
		4769200,71	2046081,97	4769606,90	2046019,02				

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID DE LÍNEA INTERNA	LONGITUD (m)	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	LONGITUD (m)	Magna Sirgas Origen Nacional	
		Este	Norte			Este	Norte
		4769151,71	2046125,63			4769571,56	2046021,69
		4769045,73	2046125,49			4769520,25	2046012,79
		4769032,06	2046086,23			4769492,13	2046006,36
		4768914,72	2046086,38			4769471,47	2046002,62
		4768808,31	2046143,56			4769459,10	2045998,68
		4768783,03	2046175,99			4769428,80	2045988,95
		4768496,30	2046223,83			4769412,16	2045986,51
		4768465,49	2046194,10			4769349,72	2046003,40
		4768422,65	2046112,74			4769274,68	2046023,39
		4768404,71	2046070,72			4769252,90	2046044,12
		4768404,67	2046056,26			4769232,32	2046062,14
		4768347,00	2045925,70			4769201,32	2046082,76
		4768314,39	2045846,80			4769152,09	2046126,63
		4768239,65	2045782,80			4769045,10	2046126,49
		4768212,49	2045782,88			4769032,07	2046088,71
		LTI-3	5404,34			4772892,80	2045535,11
4772460,49	2045536,27			4768809,64	2046145,62		
4772460,89	2045684,50			4768783,38	2046179,18		
4772443,97	2045684,54			4768496,31	2046227,10		
4772424,65	2045690,82			4768463,85	2046195,50		
4772420,92	2045693,93			4768420,66	2046113,69		
4772020,30	2045699,91			4768401,71	2046071,39		
4771949,61	2045746,47			4768401,67	2046056,90		
4771923,24	2045746,57			4768344,24	2045926,88		
4771725,58	2045658,78			4768311,96	2045848,78		
4771265,01	2045881,59			4768238,54	2045785,81		
4771179,63	2045764,00			4768212,50	2045785,88		
4771034,05	2045816,91						
4770963,47	2045843,32						
4770916,19	2045877,14						
4770881,31	2045908,16						
4770854,66	2045913,88						
4770806,72	2045914,01						
4770738,38	2045950,26						
4770636,17	2045976,72						
4770577,22	2045982,89						

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID DE LÍNEA INTERNA	LONGITUD (m)	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	LONGITUD (m)	Magna Sirgas Origen Nacional	
		Este	Norte			Este	Norte
		4769774,10	2045985,05				
		4769727,91	2045985,18				
		4769643,84	2046018,23				
		4769606,88	2046018,52				
		4769571,59	2046021,18				
		4769520,34	2046012,30				
		4769492,23	2046005,87				
		4769471,59	2046002,14				
		4769459,25	2045998,20				
		4769428,92	2045988,47				
		4769412,13	2045986,00				
		4769349,59	2046002,92				
		4769274,43	2046022,93				
		4769252,56	2046043,75				
		4769232,01	2046061,74				
		4769201,02	2046082,36				
		4769151,90	2046126,13				
		4769045,42	2046125,99				
		4769032,07	2046087,54				
		4768914,72	2046087,76				
		4768808,96	2046144,49				
		4768783,38	2046177,37				
		4768496,25	2046225,52				
		4768464,69	2046194,79				
		4768421,66	2046113,23				
		4768403,21	2046071,03				
		4768403,17	2046056,58				
		4768345,62	2045926,29				
		4768313,18	2045847,79				
		4768239,09	2045784,31				
		4768212,50	2045784,38				

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

3.2.4.1.2.6 Subestación Elevadora



La Subestación Elevadora pueden ser del tipo convencional, o compactas tipo edificios o contenedores interiores. La tensión de la energía recolectada del campo solar se incrementa a un nivel más alto con el propósito de facilitar la evacuación de la energía generada a 230kV. Los transformadores de Alta Tensión (AT) se alojarán en la Subestación Elevadoras.

Un ejemplo de una Subestación Elevadora Indoors se muestra en la Figura 3.44.



**Figura 3.44. Ejemplo de una Subestación Elevadora Indoors.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Las Subestaciones Elevadoras se suministrarán con interruptores de alta tensión que incluyen una unidad de protección de transformador, una unidad de alimentación directa de entrada, una unidad de alimentación directa de salida y las placas eléctricas. Las características principales del centro de transformación predeterminado se muestran en la Tabla 3.37.

**Tabla 3.37. Características del centro de transformación.**

<b>Características del centro de transformación</b>	
<b>Potencia máxima</b>	5400.0 kVA
<b>Número de inversores</b>	52
<b>Número de transformadores</b>	5
<b>Relación de transformación</b>	34.5/230kV
<b>Servicio</b>	Indoors

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

En este tipo de subestaciones, los circuitos generalmente se dividen en dos partes: los circuitos de potencia y los circuitos de mando, media y protección.

Por los circuitos de potencia circunda la corriente principal de la subestación, y están constituidos por los equipos de patio y de Alta Tensión tales como: interruptores, transformadores de corriente, transformadores capacitivos de potencial, seccionadores, pararrayos, transformadores de potencia y en algunas subestaciones trampas de onda portadora para los sistemas de telecomunicación y teled medida. Los conductores que unen eléctricamente estos equipos forman los barrajes de campo y barrajes colectores de las subestaciones. Estos conductores deben soportar la corriente nominal y de cortocircuito de la subestación.

Los circuitos de mando, medida y protección están constituidos por los elementos destinados al control, medición y la protección del equipo de patio. Estos circuitos están alimentados por los sistemas auxiliares de las subestaciones, que son a baja tensión.

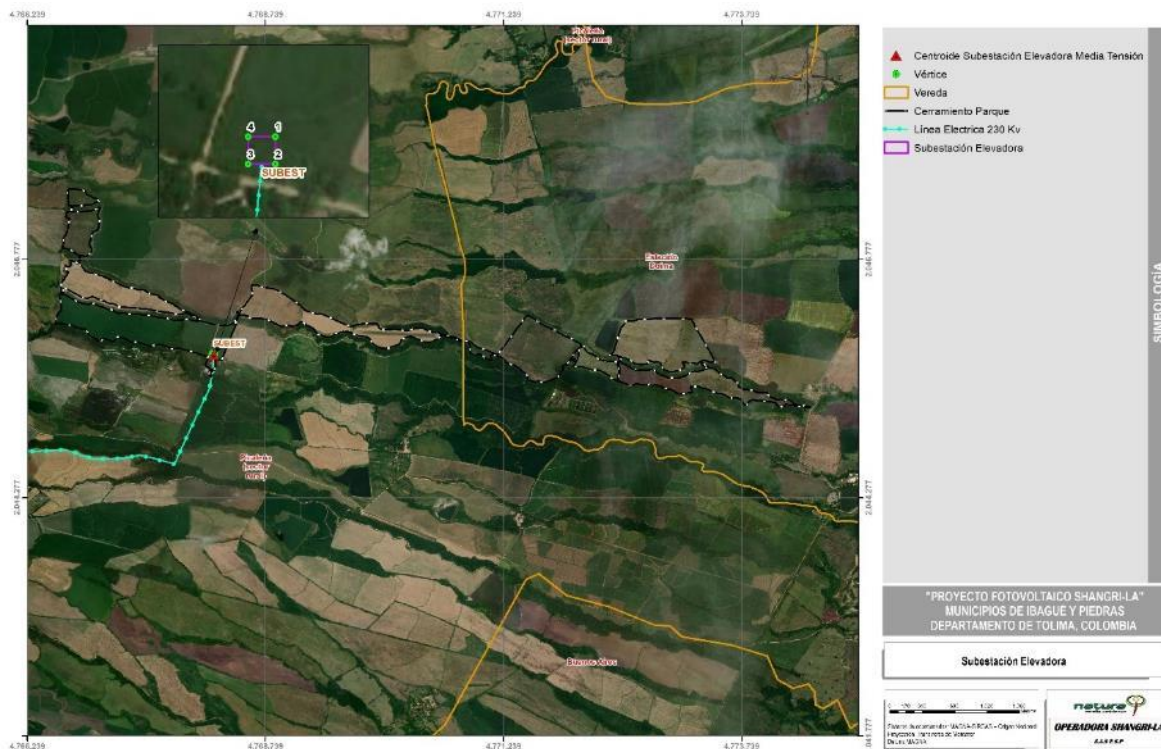
La Subestación Elevadora con transformadores de alta tensión se instalarán sobre un área de 0,090 ha, en un polígono con dimensiones 30x30 metros, y será ubicada en el Parque Solar de la manera mostrada en la Figura 3.37 y las coordenadas de los vértices del polígono donde se ubicarán se presenta en la Tabla 3.31.

**Tabla 3.38. Coordenadas de Localización de la Subestación Elevadora**

VÉRTICES	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
	ESTE	NORTE
1	4768212,51	2045790,59
2	4768212,43	2045760,58
3	4768182,43	2045760,66
4	4768182,51	2045790,67

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.45. Localización de la Subestación Elevadora**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

En la Tabla 3-39, se relaciona la información más relevante de la Subestación Elevadora del Parque Solar.

**Tabla 3-39. Ubicación y Condiciones del terreno de la Subestación Elevadora**

Subestación	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
<b>Subestación Elevadora</b>	0,09	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados 2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX) Cultivos transitorios intensivos (CTI)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

#### 3.2.4.1.2.7 Capacidad instalada, generación de energía, potencia y tensión

El Proyecto Fotovoltaico Solar Shangri-La se compone de seis (6) parques solares, y contará con la siguiente capacidad instalada aproximada propuesta:

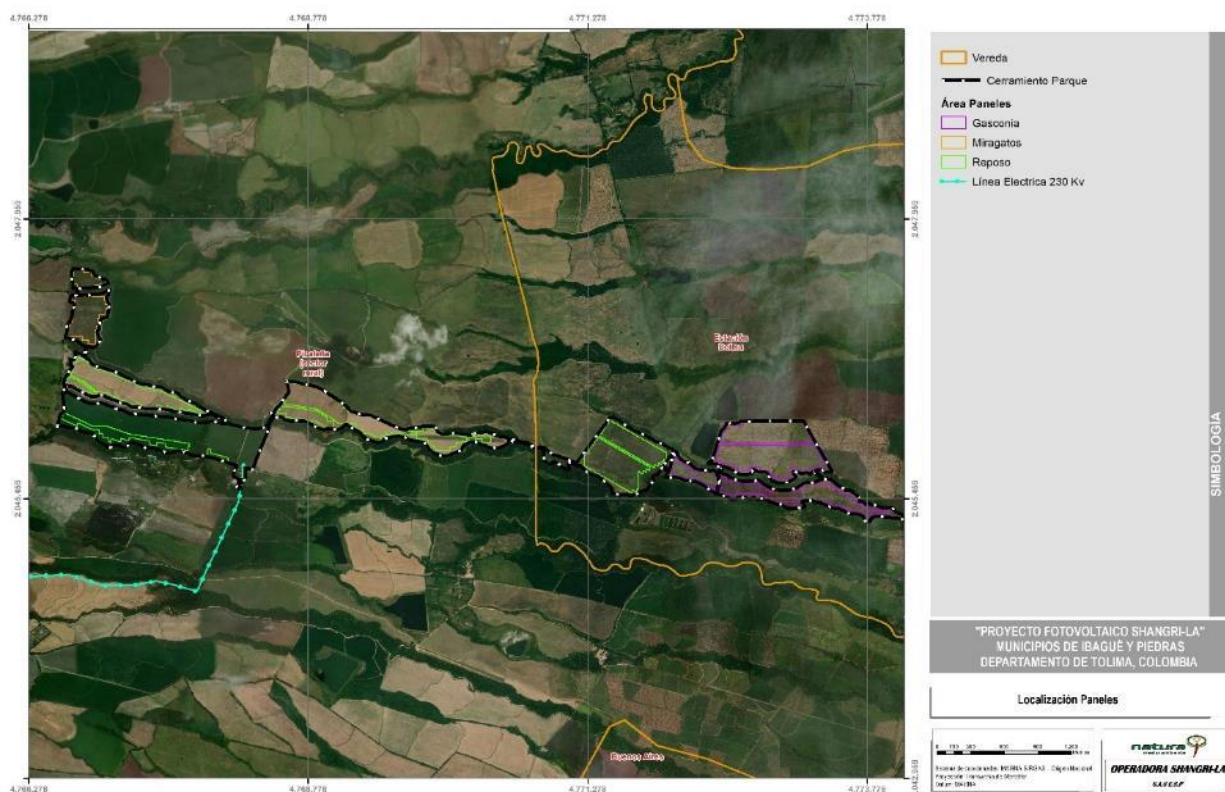
- ✓ Capacidad nominal instalada: 160,0 MWac.
- ✓ Capacidad pico total: 209,34 MWp
- ✓ Potencia de salida máxima en el punto de interconexión: 160,0 MWac
- ✓ Potencia de salida mínima en el punto de interconexión: 0,0 MWac
- ✓ Producción específica: 1.841 kWh/kWp/año
- ✓ Producción energía anual (generación neta y bruta): 385.445 MWh/año
- ✓ Producción energía mensual (generación neta y bruta): 32.120,42 MWh/año

En la Tabla 3.27 mostrada anteriormente se presenta la producción estimada pico y de corriente alterna a producir por cada área del parque. Los datos eléctricos de los módulos fotovoltaicos están sometidos a tolerancias y pueden variar. Con ello, la potencia total de la instalación fotovoltaica puede, en caso dado, variar en un 0/+3%.

#### 3.2.4.1.2.8 Área total del Proyecto

Para el diseño del Proyecto se tuvieron las zonas de exclusión, por lo que no serán intervenidas por el Proyecto debido a las rondas hídricas, así como por la preservación de los bosques de galería, los cuales se respetarán en su gran mayoría, solo afectando pequeñas áreas en los nueve (9) puntos de ocupación de cauce solicitados en el capítulo 7, sin impactar significativamente en la conectividad ecológica como principal función de estos ecosistemas. Teniendo en cuenta lo anterior, el área total del Parque

Fotovoltaico Shangri-La corresponde a 254,01 ha, que incluyen todos los componentes de la planta, caminos de acceso y subestaciones elevadores, área total donde se realizará todas las actividades de las diferentes fases del Proyecto, y estará delimitada físicamente con su respectivo cercado, la cual se puede observar georreferenciada en la Figura 3.46 y las coordenadas de sus vértices presentados anteriormente en la Tabla 3.3.



**Figura 3.46. Georreferenciación Área Total del Parque Fotovoltaico SHANGRI-LA**

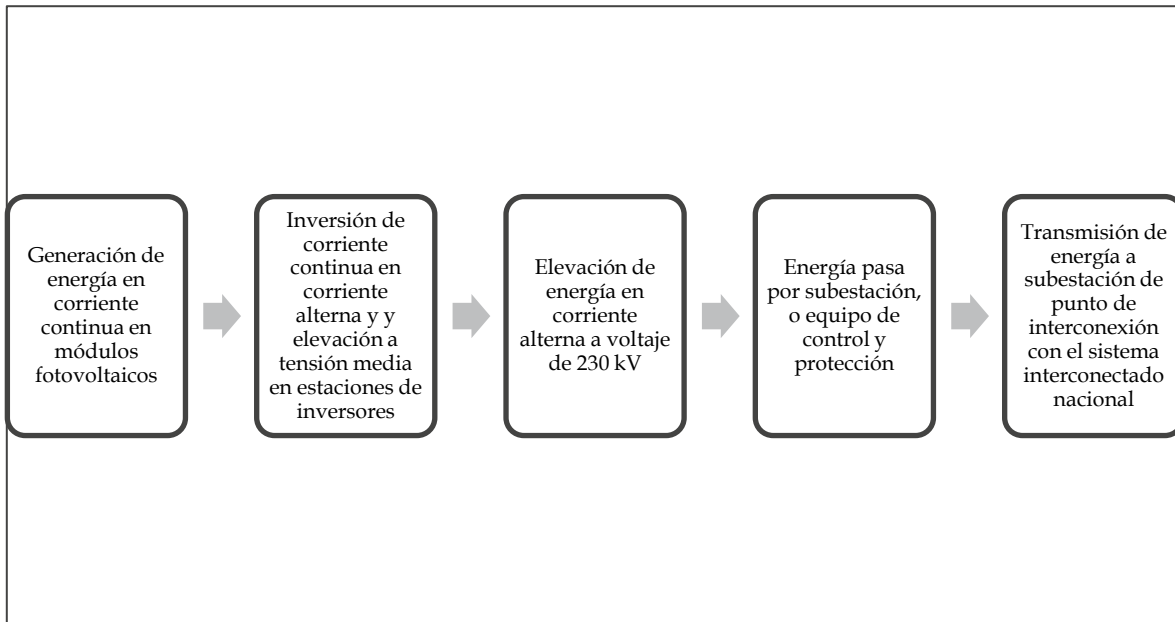
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### 3.2.4.1.2.9 Diagrama de flujo para la generación de energía

La generación de energía mediante módulos fotovoltaicos sigue un esquema sencillo puramente eléctrico sin el uso de combustibles fósiles y con una operación que puede ser totalmente remota. Mientras que es interesante entender las reacciones fisicoquímicas que se dan en la tecnología a nivel de celda fotovoltaica, a continuación,

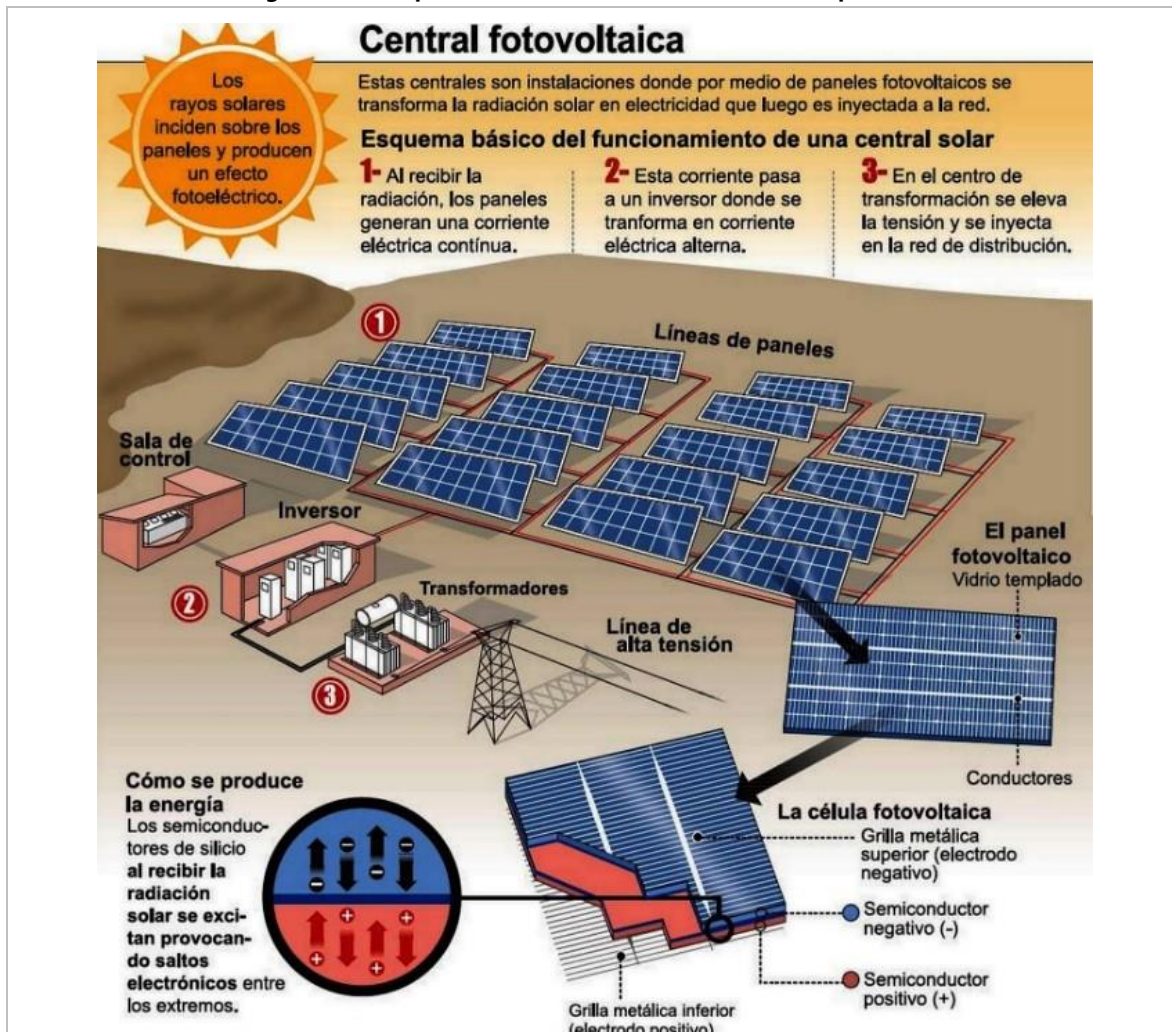
se presentan unos diagramas que describen el flujo de energía desde la planta hasta la red nacional a un nivel general.

Figura 3.47 Diagrama de flujo generación de energía.



En la Figura 3.48 se presenta una explicación didáctica sobre el funcionamiento de una planta solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica.

Figura 3.48 Esquema de funcionamiento de un Parque Solar.



Fuente: <https://www.grupolabore.com/blog/category/seguridad/>

El proceso de generación se resume en que se producirá energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos monocristalinos bifaciales (silicona), la cual se traduce en corriente continua cuando los rayos del sol son absorbidos por los módulos fotovoltaicos debido el efecto fotoeléctrico, posteriormente esta corriente continua se transformará en corriente alterna mediante los inversores fotovoltaicos. La corriente alterna luego se elevará a 34.5 kV por medio de transformadores de media tensión, y se llevará esta corriente hasta la subestación elevadora del Proyecto, donde se elevará la corriente a 230 kV, para finalmente ser enviada a la Subestación Mirolindo de Ibagué mediante la Línea de Transmisión 230 kV.

### 3.2.4.1.2.10 Áreas máximas para utilizar por cada tipo de infraestructura a adecuar o construir

El perímetro del parque fotovoltaico del Proyecto Shangri-La tendrá un área de 254,01 hectáreas. En la Tabla 3.40 se presentan las áreas máximas a utilizar por cada tipo de infraestructura a adecuar o construir.

**Tabla 3.40. Áreas máximas para utilizar por cada tipo de infraestructura a adecuar o construir.**

Infraestructura	Justificación / Descripción	Área (Ha)
<b>Módulos</b>	Área requerida de acuerdo con las características y tamaño de los módulos.	173,94
<b>Subestación elevadora</b>	Para la disposición de los equipos necesarios de control y elevación de tensión	0,09
<b>Caminos internos y Ocupaciones de cauce o cruces internos</b>	Vías de comunicación interna entre las diferentes áreas constructivas y operativas del Parque Solar y estructuras destinadas para el paso vehicular y comunicación entre zonas del Parque Solar.	8,00
<b>Instalaciones Temporales</b>	Área destinada para la infraestructura de apoyo requerida en la etapa constructiva (campamentos temporales para oficinas y casino, zona de parqueo, enfermería, etc).	0,18
<b>Bodega de Operación y Mantenimiento permanente</b>	Área destinada para toda la infraestructura de apoyo (oficinas, centro de control casino, zona de parqueo, enfermería, etc).	0,13
<b>Oficinas y Bodegas</b>	Infraestructura Existente a utilizar como apoyo en todas las etapas del proyecto	0,10
<b>Cajas Colectoras de Media Tensión</b>	Centros de recolección de la Corriente Alterna de Media Tensión desde las Estaciones de Media Tensión para conducir la energía a la Subestación Elevadora mediante Líneas Subterráneas de Transmisión de Media Tensión	0,16
<b>Patios de Acopio Temporal</b>	Áreas destinadas para el acopio temporal de insumos, maquinaria, materiales de construcción, material de excavación que será utilizado posteriormente en actividades de conformación del terreno, así como residuos de manera temporal	7,57
<b>Zanjas de cableado</b>	Donde se introducirán los bancos de ductos para el cableado necesario de transmisión y comunicación	3,44
<b>Estaciones de media tensión (MV STATION)</b>	Áreas Destinadas para la instalación de Inversores centrales y Transformadores de media tensión	0,07



Ibagué y Piedras (Tolima)

Infraestructura	Justificación / Descripción	Área (Ha)
Zonas libres	Espacios o zonas libres necesarias entre los componentes del Parque Solar, por capacidad operativa.	60,33
<b>TOTAL</b>		<b>254,01</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### 3.2.4.1.2.11 Equipos, maquinaria e infraestructura requerida







Para la construcción del Parque Solar es necesaria la utilización de maquinaria pesada y maquinaria menor. La maquinaria que contempla el Proyecto en su fase constructiva, así como los equipos necesarios, se detallan a continuación en la Tabla 3.41.

**Tabla 3.41. Maquinaria y equipos requeridos para la construcción del Parque Solar.**

ACTIVIDAD	MAQUINARIA	ESQUEMA	CANTIDAD*	POTENCIA POR UNIDAD (KW)
Mejoramiento de accesos existentes y construcción de nuevos accesos	Vibro-Compactador		2	97
	Motoniveladora		3	128
	Vibrocompactador Tipo Canguro		4	4,5

Ibagué y Piedras (Tolima)

ACTIVIDAD	MAQUINARIA	ESQUEMA	CANTIDAD*	POTENCIA POR UNIDAD (KW)
<b>Movimiento de Tierras para parque</b>	Buldócer		1	97
	Retroexcavadora de ruedas		2	70,9
	Excavadora de Oruga		1	208
	Volquetas		4	328
<b>Montaje e instalación de los paneles solares y conexión eléctrica</b>	Camión Grúa		2	112
	Camión Carrotanque		3	145
	<b>Construcción y montaje de equipos e instalaciones de apoyo</b>	Camión		2

ACTIVIDAD	MAQUINARIA	ESQUEMA	CANTIDAD*	POTENCIA POR UNIDAD (KW)
	Hincadora		10	24,4-50
	Volquetas		5	328 kW 440 HP a 1900rpm
	Camión porta contenedor		9	201
	Camión Mixer		3	250 kW
<b>Sistema de respaldo</b>	Generador portátil		3	4
	Generador de respaldo		1	8

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### 3.2.4.1.2.12 Cables, zanjas y conductos

Los cables LV (Baja Tensión) de DC y AC se ubicarán bajo tierra mediante zanjas o bancos de ductos en todo el sitio. Estarán mecánicamente protegidos por conductos corrugados de doble pared y encofrados en concreto únicamente en zona de cruces de caminos y cruces de canales artificiales. Hay dos tipos de conductos, rígidos y flexibles (barras y rollos). La profundidad mínima para el cable LV es de 600 mm.

Los cables de MT (Media Tensión) corren bajo tierra en todo el sitio, directamente enterrados en Zanjas o Bancos de Ductos. Están mecánicamente protegidos por una capa de arena. La profundidad mínima del cable MV es 900 mm. Los cables del sistema de comunicación de igual manera estarán enterrados y mecánicamente protegidos por tubos corrugados de doble pared, con una profundidad mínima de 600 mm.

Los cables de monitoreo (cable de datos y alimentación) se dispondrán de igual manera bajo tierra en todo el sitio. Están mecánicamente protegidos por tubos corrugados de doble pared. Hay dos tipos, tubos rígidos y flexibles (barras y rollos). La profundidad mínima para el cable de monitoreo es de 600 mm.

Las canalizaciones eléctricas comenzarán con la apertura de las zanjas. En el fondo de la zanja se tenderá cable de cobre desnudo, que servirá para poner la instalación a tierra y se cubrirá con de material de relleno. A continuación, se colocarán los tubos de conducción eléctrica, los que se cubrirán nuevamente con material de relleno.

#### 3.2.4.1.2.13 Series DC. Cables y Conexiones

Los módulos fotovoltaicos se conectarán entre sí utilizando los propios conectores Amphenol H4 o similares. Desde las series hasta los inversores, los cables se enlazarán utilizando los terminales de conexión de los inversores. El cable solar conectara los extremos de la serie a la entrada de DC en los inversores. Está formado por un conductor de cobre estañado resistente a los rayos UV exterior de 6 mm<sup>2</sup>. La caída de tensión y la

pérdida de potencia de la salida del panel solar a la entrada de DC del inversor es inferior al 1,5 %.

Los paneles solares se conectarán al cable de serie mediante un conector solar. La Tabla 3-42 muestra las especificaciones técnicas para los conectores.

**Tabla 3-42. Conectores de serie.**

Fabricante	Amphenol o similar
Tipo	Conector de PC H4
Voltaje nominal	1.500 V DC (IEC)
TÜV actual clasificado	70 A (6 mm, 8 AWG)
Tensión de prueba	6 kV (60Hz 1 minuto)
Resistencia de contacto típica	0,25 m Ω
Material de contacto	Cobre, estañado
Sistema de contacto	Mecanizado / conformado en frío (CF) o estampado y formado (S & F)
Material de aislamiento	A definir según normativa
Mecanismo de bloqueo	Cumple el manual 2014 NEC 690.33 © requisito de autobloqueo con desbloqueo requerido por la herramienta
Tipo de terminación	A definir según normativa
Grado de protección	IP68
Clase de seguridad	A definir según normativa
Categoría de sobrevoltaje	A definir según normativa
Clase de llama	UL94-V0
Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +85 °C

Fuente: adaptado de Ralos & Blaud Energy Colombia S.A.S (2021)

#### 3.2.4.1.2.14 Cableado

El cableado cumplirá con la normativa nacional e internacional correspondiente y se diseñará para minimizar pérdidas. Los cables no contendrán sustancias halógenas y reaccionarán al fuego de acuerdo con las siguientes normativas:

- EN 60332-1-2 Tests on electric and optical fiber cables under fire conditions - Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable - Procedure for 1 kW pre-mixed flame.
- IEC 60695-7-2:2011: Fire hazard testing - Part 7-2: Toxicity of fire effluent - Summary and relevance of test methods.
- IEC 60502:2012 SER: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2 \text{ kV}$ ) up to 30 kV ( $U_m = 36 \text{ kV}$ ) - ALL PARTS.

Esta actividad no requiere maquinaria especializada, usualmente se instala el carrete en uno de los extremos del ducto y en el otro extremo un malacate para halarlo, previo el envío de un cordel guía. (Ver Fotografía 3.46).



**Fotografía 3.46. Tendido de cables eléctricos en Planta Fotovoltaica.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### 3.2.4.1.2.14.1 Cable Solar

Los cables para la conexión de DC entre los módulos para hacer las series serán de cobre (Cable solar 0,6 / 1,5kV). Estos cables estarán construidos según el estándar internacional

IEC 61215 y 61646, IEC 60364-7-712: 2002. Las especificaciones técnicas se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 3-43. Especificaciones probables del cable solar.**

<b>Desde los colectores CA a las estaciones transformadoras</b>	
Nombre del producto	A definir
Voltaje nominal	0,6 / 1,5 kV
Secciones transversales usadas	6,0 mm <sup>2</sup>
Concepto de construcción	Cables flexibles de un solo núcleo Aislamiento de polímero y funda libre de halógenos
Cumplimiento de estándares	IEC 61215 and 61646, IEC 60364-7-712:2002
Temperatura de funcionamiento máxima	120 °C

Fuente: Adaptado de Ralos & Blaud Energy Colombia S.A.S (2021)

#### 3.2.4.1.2.14.2 Cables CA LV

Estos cables estarán contruidos según la norma internacional IEC 60502-1. Los cables están enterrados usando conductos. Para conectar todos los inversores a la estación transformadora correspondiente, cuatro cables de 1 × 50 mm, dos de sección transversal de aluminio se colocarán bajo tierra. Las especificaciones técnicas se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 3-44. Especificación de los cables LVCA.**

<b>Desde los colectores AC a las estaciones de transformación</b>	
Nombre del producto	RV Al /U-1000 AR2V
Fabricante	Industrial Cable
Voltaje nominal	0,6 / 1 kV
Secciones transversales usadas	50,0 mm <sup>2</sup>
Concepto de construcción	Aluminio semirrígido clase 2. Polietileno reticulado Cloruro de polivinilo (PVC)
Cumplimiento de estándares	IEC60502-1, EN 60332-1

**Desde los colectores AC a las estaciones de transformación**

Temperatura de funcionamiento máxima	90 °C
--------------------------------------	-------

Fuente: Ralos & Blaud Energy Colombia S.A.S (2021)

La caída de voltaje y la pérdida de potencia de la salida del panel solar al lado izquierdo de cada entrada del transformador de potencia es menor del 2%.

Para calcular la sección transversal del cable, se utilizan los criterios de caída de tensión y corriente nominal máxima.

Los cables para la conexión de AC entre el cuadro de distribución de AC LV y el transformador son del tipo de cable de cobre NSGAFÖU 1, 8/3 kV. La sección de los cables es de 240 mm<sup>2</sup>. La Tabla 3-45 muestra las especificaciones técnicas para los cables LV desde la salida de la centralita AC LV al transformador en cada estación transformadora de media tensión.

**Tabla 3-46. CA LV cableado del tablero de interruptores al transformador.**

Nombre del producto	NSGAFÖU
Fabricante	Lapp Cable
Operación de voltaje	1,8 / 3 kV
Sección transversal	240 mm <sup>2</sup>
Construcción	Cable de cobre flexible. Conductor de hilos trenzados de cobre estañado Aislamiento conductor: compuesto de caucho tipo 3GI3 Revestimiento exterior: compuesto de caucho tipo 5GM3, negro
Estándares	IVDE 0250 part 602, EN 60332-1-2, EN 60811-2-1
Temperatura de funcionamiento máxima	90 °C

Fuente: Ralos & Blaud Energy Colombia S.A.S (2021)



#### 3.2.4.1.2.14.3 Cableado interno media tensión corriente alterna MV AC 34,5 kV

Las estaciones de media tensión, las cajas colectoras y la subestación elevadora, estarán conectadas en el sentido mencionado. Habrá un anillo de 20kV, conectando las estaciones de media tensión y a las cajas colectoras.

El cable es del tipo AL XLPE CWS, cable MDPE BS7870-4.10 e IEC 60502. Los cables están conectados directamente a los interruptores de carga en cada transformador en las estaciones con una tensión nominal de hasta 34,5 kV. Los cables de MT están enterrados directamente en el suelo mediante zanjas (ver numeral 3.2.4.1.2.16.9). Seguidamente en la Tabla 3-47 se presentan las especificaciones de los cables de media tensión de corriente alterna.

**Tabla 3-47. Especificaciones Cable MV.**

Nombre del producto	AL XLPE CWS MDPE cable BS7870-4.10
Fabricante	BATT cable
Tipo	AL XLPE CWS
Voltaje nominal	18/34,5 kV
Sección transversal del núcleo	185 mm <sup>2</sup>
Construcción	Aluminio trenzado compactado clase 2 Aislamiento XLPE, Color: Natural Cinta de bloqueo de agua semiconductora Pantalla: pantalla de alambre de cobre. Cinta de cobre (OH), cinta de bloqueo hinchable para agua no conductiva Funda: MDPE Nominal CSA de pantalla de alambre de cobre incluyendo cinta de cobre: 16 mm <sup>2</sup>
Estándares	IEC 605202-2, BS 7870-4,10
Temperatura de funcionamiento máxima	90 °C

Fuente: adaptado de Ralos & Blaud Energy Colombia S.A.S (2021)

Mediante este cableado se realiza la transmisión desde las estaciones de Media Tensión a las Cajas Colectoras y de allí hasta la subestación elevadora mediante las líneas de media tensión (ver numeral 3.2.4.1.2.5), para luego enviar a la Línea de Transmisión 230kV que transportará la energía producida en el Parque hasta la Bahía de Conexión 230kV a construir en la Subestación Mirolando 230kV en Ibagué.

#### 3.2.4.1.2.15 Descripción general de la proyección de conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN)

El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La recibió concepto favorable de la UPME para la conexión a la subestación Mirolando a 230kV, mediante Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020 y cuenta con contrato de conexión vigente N° 4010165 de febrero de 2021 (ver Anexo C.1). A continuación, se listan los datos relevantes en este sentido:

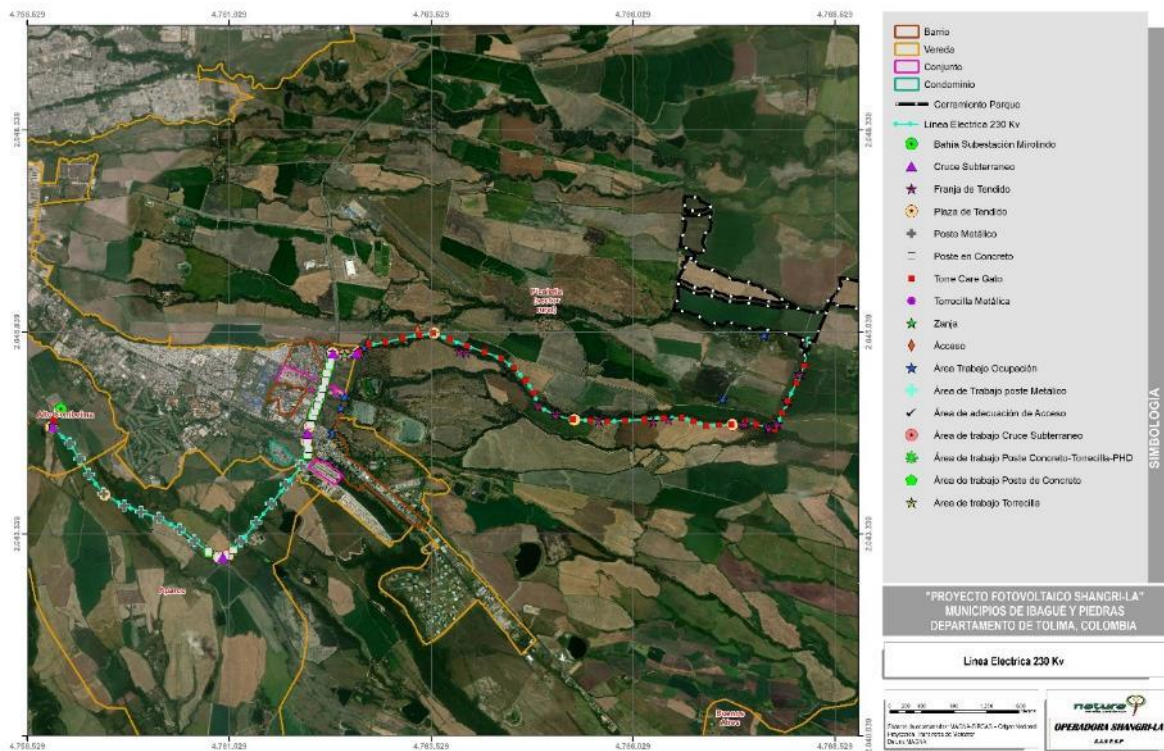
- Nombre del Proyecto: Parque Fotovoltaico Shangri-La
- Punto de Conexión: Subestación Ibagué (Mirolando) 230kV
- Potencia de exportación: 160MW
- Fecha de puesta en operación esperada: 31 de diciembre de 2023
- Tecnología: Solar Fotovoltaica
- Transmisor: ISA Intercolombia S.A. E.S.P
- Promotor: OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S.

**ACLARACIÓN:** "OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S. (NIT 901.270.422-0) constituyó la OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (NIT 901.512.352-3) para el trámite de la licencia y los permisos ambientales aplicables al Proyecto Fotovoltaico Shangri-La. Se presenta esta aclaración porque algunos trámites iniciales del Proyecto fueron realizados a nombre de OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S. (NIT 901.270.422-0).

La Línea de Transmisión o conexión eléctrica de salida del Parque Solar a la conexión del Sistema de interconectado Nacional (SIN), tendrá tramos aéreos y subterráneos y

Ibagué y Piedras (Tolima)

según el concepto favorable de la UPME deberá ser de 230 kV y tendrá una longitud de 13,1 km en total. La Línea de Transmisión será de circuito sencillo y estará soportada por torres Care Gato en la zona rural, y en la zona urbana por postes metálicos y en concreto, así como torrecillas, los cuales estarán ubicados dentro del separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael y en algunos tramos serán subterráneos. La línea es diseñada para las distintas condiciones de terreno y de tracción de la línea de conexión eléctrica. Se proyecta instalar aproximadamente 38 torres care gato, 14 postes metálicos, 20 Potes de Concreto, 8 Torrecillas y 4 tramos subterráneos que ocuparán un área aproximada de 0,86 ha, los cuales, estarán ubicados dentro del área del Proyecto. A continuación, en la Figura 3.49 se muestra su localización.



**Figura 3.49. Localización Línea de Transmisión a la conexión del Sistema Interconectado Nacional (SIN).**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

La descripción detallada de la proyección de conexión al Sistema Interconectado Nacional se presenta de manera detallada en el numeral 3.2.4.1.3.

#### 3.2.4.1.2.16 Sistemas, procedimientos, técnicas de instalación y métodos constructivos de las obras proyectadas

La etapa constructiva comprende actividades como el acondicionamiento de la instalación y del terreno a nivel de obra civil, lo que consume aproximadamente el 60% del tiempo total del Proyecto, el resto de las actividades y tiempo corresponde al proceso de instalación y puesta en servicio de los equipos.

El mayor volumen de personal contratado se presenta una vez se inicia el montaje de los equipos, cuando se requiere personal eléctrico y mecánico (aprox. 50% del total del personal contratado). Se estima que en estos periodos se tendrá alrededor de 196 personas para todo el Parque Solar (ver numeral 3.2.5.7).

Buena parte de la mano de obra contratada proviene de las regiones más cercanas a la ubicación de la planta, siempre y cuando cumplan con los requisitos técnicos para la ejecución segura y confiable de los trabajos.

Aproximadamente el 15% del personal del Proyecto corresponde al staff de ingenieros y administradores de la empresa contratista que se seleccione.

La contratación de personal de las veredas del área de influencia contribuye de forma significativa y temporalmente la dinámica laboral y de esta forma la calidad de vida de sus moradores en el tiempo que puedan estar vinculados con el Proyecto, a través de la generación de mayores ingresos que permitirán a las comunidades obtener una mejor calidad de vida.

De manera general, la ejecución del Proyecto generará un impacto positivo en la oferta laboral del área de influencia (ver numeral 3.2.5.7). Actividades como la contratación de mano de obra, el aprovechamiento forestal, generarán oportunidades laborales para los

habitantes de las diferentes unidades territoriales del área de influencia, mejorando su nivel de ingresos y sus condiciones laborales.

#### *3.2.4.1.2.16.1 Preparación del sitio*

Esta etapa comienza en el momento en que se notifica a la autoridad correspondiente del inicio de las actividades de construcción, después de haber obtenido los permisos necesarios en todos los niveles de gobierno.

Para la preparación del sitio del Proyecto será necesario que previamente en los planos de construcción se identifiquen y ubiquen las instalaciones que incluye el diseño del Proyecto (vías, módulos fotovoltaicos, centros de inversión-transformación, edificio de operación y mantenimiento, etc.), para que en el campo sea más fácil y precisa la delimitación del terreno donde se ejecutaran las obras. Para delimitar el terreno a modificar se colocarán estacas de balizamiento y se acordonará la zona o bien se pintará el suelo con agua de cal cuando por las condiciones de dureza del suelo no sea posible enterrar la estaca.

#### *3.2.4.1.2.16.2 Instalaciones de apoyo temporal*

Corresponden a todas aquellas obras necesarias para la construcción del parque fotovoltaico, estas instalaciones estarán disponibles durante la fase constructiva hasta el inicio de la fase operativa, siendo móviles y/o desmantelables fácilmente; teniendo en cuenta lo anterior, se contempla la instalación del campamento base y áreas para el almacenamiento de insumos y materiales, zona de aparcamiento de personal de la obra, zona de aparcamiento de maquinaria y equipos, así como zonas de almacenamiento y manejo de residuos.

Adicional a esto, se instalará, en una zona a determinar, próxima al acceso y dentro del cercado perimetral, una caseta de vigilancia para el control del personal que acceda al área del Proyecto. Esta caseta será desmantelada al final del periodo de construcción y sustituida por una caseta de vigilancia definitiva. Al igual que en el campamento

provisional durante la preparación del sitio, se instalarán baños portátiles y oficinas para los empleados durante la construcción.

#### *3.2.4.1.2.16.3 Aprovechamiento Forestal*

En el parque solar se realizó un censo forestal al 100% de la población arbórea<sup>13</sup> (ver capítulo 7) para determinar el criterio forestal aplicable de intervención (Erradicación, Traslado o Conservación) y se ejecutan las acciones definidas por el plan de compensación que es aprobado por la Autoridad Ambiental.

A continuación, se describen las actividades que se realizarán en las zonas donde el desarrollo del Proyecto hace necesaria la intervención.

- **Actividades de erradicación:** corresponde a actividades como la escalada, amarre de ramas y fuste principal, Corte de ramas y fuste principal, destocoado, repique y acopio de residuos vegetales de erradicación de árboles y transporte y disposición de residuos, lo cuales serán llevados a sitios de la zona autorizados por las entidades ambientales.
- **Actividades de compensación:** Se podrán seleccionar localidades para realizar la compensación forestal ex situ. A partir de la metodología vigente se llevará a cabo la compensación del componente.

#### *3.2.4.1.2.16.4 Plantillado y replanteo*

El plantillado consiste en la ubicación de marcas sobre el terreno, típicamente con estacas de madera, con las que se indican los ejes de la estructura que se instalará posteriormente para soportar los paneles.

---

<sup>13</sup> Para la línea de transmisión un muestreo estadístico.

El replanteo se realiza para, con la topografía inicial y según diseño, verificar en terreno las ubicaciones de las obras y equipos. Este trabajo se realiza previo al inicio de las excavaciones para comprobar si los datos del terreno coinciden con los de la documentación técnica.

Para efectuar el replanteo definitivo, se estaquilla el eje y los perfiles cada 10 metros, marcando el ancho de cada perfil, la cota a excavar y el ángulo de inclinación de los taludes. (Fotografía 3.47).



**Fotografía 3.47. Plantillado y replanteo.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### *3.2.4.1.2.16.5 Acondicionamiento de terreno y nivelación*

A continuación, se describen las principales actividades de acondicionamiento de terreno y nivelación:

### ➤ **Remoción de la cobertura vegetal y descapote**

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar, remover, cargar, transportar y disponer la capa vegetal y el suelo orgánico en las zonas de disposición temporal aledañas a las obras.

Se realizará la remoción de la cobertura vegetal existente en las áreas que se destinen a instalaciones o edificaciones, con objeto de impedir daños a las obras y mejorar la visibilidad al momento de la construcción. Las actividades de tala (derribo de árboles y arbustos) o destocoado (sacar los troncos o "tocones" con o sin raíces) contemplan las siguientes actividades:

- Troceo de árbol desramado que ha sido derribado o destocoado
- Arrime o arrastre

La remoción de vegetación existente se realizará por medios mecánicos y comprenderá solo aquellas zonas donde la vegetación impida el acceso de la maquinaria (zonas donde la maquinaria pueda transitar no sufrirán un proceso de remoción de cobertura vegetal), respetando de manera estricta las áreas de exclusión debido a la presencia de bosques de galería y rondas de protección de cuerpos de agua. Dentro del Capítulo 7 se presentan los cálculos de aprovechamiento forestal como parte en relación con la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales debido al desarrollo del Proyecto.

La eliminación de la cobertura vegetal, herbácea y arbustiva (vegetación secundaria y pastizales inducidos), se podrá realizar mediante métodos manuales (machetes) o con ayuda de motosierras. Previamente a este procedimiento se delimitarán perfectamente las áreas de construcción para evitar afectar el entorno circundante más allá de lo estrictamente indispensable.

Queda prohibido el uso de fuego o de sustancias químicas como pesticidas y herbicidas durante las actividades de desmonte de las áreas necesarias para la construcción del Proyecto.



El retiro de la capa vegetal en las áreas donde se ubicarán los módulos solares se llevará a cabo en los lugares donde se requiera hacerlo y se ejecutará con maquinaria convencional de construcción como motoniveladoras, bulldozers y/o retroexcavadoras (Fotografía 3.48).



**Fotografía 3.48. Limpieza y descapote para la adecuación del terreno.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El espesor de capa vegetal será retirado para evitar materiales de baja capacidad portante. Cabe destacar que el material producto del descapote se retirará, se almacenará temporalmente en lugares establecidos para ello y finalmente se utilizará en las actividades de revegetalización y/o reubicación de flora.

➤ **Conformación de la superficie para la instalación de los paneles (corte, excavación y relleno)**

Esta labor consiste en realizar la excavación, nivelación, perfilado y adecuación de una superficie que sirva de base para la instalación de estructuras (módulos solares) y equipos (Inversores Centrales, Estaciones de Media Tensión, Subestación Elevadora, Edificio o

centro de control, entre otros); la superficie deberá perfilarse de tal forma que garantice el flujo adecuado de las aguas de escorrentía hacia los respectivos sistemas de conducción natural (Fotografía 3.49).



Fotografía 3.49. Corte y relleno.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El movimiento de tierras para la construcción del Parque Solar buscará la compensación entre el volumen de corte resultante y el volumen de relleno (corte y relleno), cuando las características topográficas y del material de corte cumplan con las especificaciones técnicas requeridas. Asimismo, el material de relleno podrá ser el mismo de excavación para la explanación del sitio u obtenido de fuentes de materiales mediante proveedores que cuenten con los permisos ambientales y mineros vigentes.

Considerando las obras a desarrollar y teniendo en cuenta el tipo de terreno, el cual es relativamente plano en toda el área, a continuación, se presentan los criterios y especificaciones del material de cortes a utilizar como relleno para las actividades de construcción del parque (Tabla 3.48).

**Tabla 3.48. Criterios de sitio para llenos de adecuación y llenos estructurales.**

Característica	Criterio
<b>Aptos</b>	
Contenido de materia orgánica	< 2%
Límite líquido	≤ 40%
Índice de plasticidad	≤ 20 %
De no cumplir con lo especificado se revisará sus propiedades con el fin de contemplar metodologías de mejoramiento	
<b>No Aptos</b>	
Material con basura, materia orgánica, turbas, tocones, índices de plasticidad elevados que conlleven a problemas de expansión o contracción	

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El material procedente de la excavación que sea apto para relleno se separará y acumulará al lado de la excavación utilizando trinchos en madera para la retención de estos. El resto de material, en especial los suelos orgánicos, se almacenan para reutilizarlos en la empedradización de la excavación. Los rellenos y en general todos los residuos no factibles de ser utilizados, serán retirados del área de la obra y entregados a terceros debidamente autorizados que cuenten con los respectivos permisos ambientales.

Los materiales provenientes de las excavaciones serán utilizados dentro del área de intervención del Proyecto en rellenos, remplazo de suelo, restauración morfológica, reconformación de los sitios permanentes posteriores a la cimentación. En general, se espera que este material de excavación se aproveche la mayor cantidad posible. Es importante aclarar que mientras se da paso a cada una de estas actividades, el material de excavación se dispondrá en sitios de acopio temporal (ver numeral 3.2.5.1) para después ser utilizados en las labores anteriormente mencionadas.

El relleno se extenderá en capas de 15cm de espesor, de acuerdo con los niveles indicados en el diseño y establecidos por la comisión de topografía, así como las características del suelo in situ; la rasante a implementar podrá estar conformada básicamente por un material producto de la extracción y/o trituración de rocas

Ibagué y Piedras (Tolima)

provenientes de una cantera o del lecho de una corriente que cuenten con licencias y permisos ambientales y mineros vigentes. Dicho material se instalará cuando las características geomecánicas del suelo de fundación evaluadas según los estudios de suelos no cumplan con los requisitos para el establecimiento de la infraestructura requerida. La labor como tal, consiste en extender, nivelar, humedecer (si se requiere) y compactar las capas de afirmado de forma adecuada hasta alcanzar el espesor y las cotas establecidas en los diseños. Se regará con motoniveladora y se compactará con equipo vibratorio pesado (vibro compactador de mínimo 5 toneladas), hasta lograr como mínimo al 90% de Proctor modificado; los rellenos alrededor de las estructuras se compactarán con equipo liviano (Fotografía 3.50).



Fotografía 3.50. Compactación del terreno.  
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Finalmente, las áreas para la instalación de paneles llevarán un acabado en afirmado, y las zonas correspondientes a los transformadores, pórticos y equipos llevarán un acabado en grava.

Esta preparación del terreno servirá para:

- Crear una superficie lo suficientemente homogénea que tenga condiciones ideales para la fase de construcción de los predios. El terreno en condiciones actuales es plenamente accesible para vehículos de construcción.

Ibagué y Piedras (Tolima)

- Asegurar que las pendientes naturales que existan en el emplazamiento no puedan comprometer la integridad de la estructura de los seguidores.
- Crear una superficie de cierta dureza y límites de inclinación, que posean la mecánica adecuada para permitir colocar las cimentaciones de manera adecuada.

3.2.4.1.2.16.6 Preparación y señalización de las zonas de trabajo

Se instalará la señalización de las zonas de carga, descarga y acopio temporal de material y para aprovisionamiento de equipos, así como la delimitación de las rutas de tránsito para el personal, vehículos y maquinaria (ver Fotografía 3.51).



Fotografía 3.51. Señalización.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

3.2.4.1.2.16.7 Construcción de obras de drenaje

Las obras de subdrenaje corresponden a filtros conformados por lechos granulares colocados dentro de una zanja. Se instalarán en las depresiones del área, para evacuar del Parque Solar los posibles caudales de agua que puedan infiltrarse desde los sectores aledaños al mismo.

Para el manejo de aguas lluvias en el Proyecto, se definirá infraestructura relacionada con las vías de acceso y aquellas construcciones que requieran algún tipo de manejo de aguas lluvias, entre estas se encuentran el edificio o centro de control y comunicaciones, almacenamiento, portería, caseta, vías de acceso, Inversores, estaciones de media tensión y subestación elevadora.

Para la distribución de los módulos fotovoltaicos en general no será necesaria la disposición de un manejo de aguas lluvias específico, debido a la extensión del Proyecto y que las características de porosidad del suelo no permiten hacer una conducción del agua lluvia, debido a la posible alta velocidad de infiltración que se pueda presentar y por la nivelación que se implementará al terreno donde se requiera.

Finalmente, el Proyecto no realizará intervenciones significativas sobre la pendiente del terreno en la mayor parte del área, lo cual favorecerá mantener las condiciones de flujo de agua de lluvia de la zona.

#### *3.2.4.1.2.16.8 Cercado del polígono del parque*

El cercado perimetral consistirá en la instalación de un cerco formado por apoyos metálicos galvanizados para que sirvan de soporte de la valla perimetral de hasta 2,5 m de alto y alambre de púas en parte superior.

El cerco perimetral evitará el ingreso de personal no autorizado ni animales de gran tamaño a las instalaciones. Las cimentaciones de dicho cercado perimetral consistirán en postes galvanizados embebidos en hormigón en macizos aproximadamente de 400x400x500 mm.

El Parque Solar contará con un cerramiento perimetral permanente en la totalidad de sus instalaciones; el vallado de seguridad será en malla eslabonada con alambre de acero galvanizado. La malla a instalar tendrá la dureza y proximidad necesaria entre alambres para evitar el paso de personal no autorizado y especies faunísticas al interior del parque (Fotografía 3.52).



**Fotografía 3.52. Cerramiento tipo construido en malla eslabonada.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

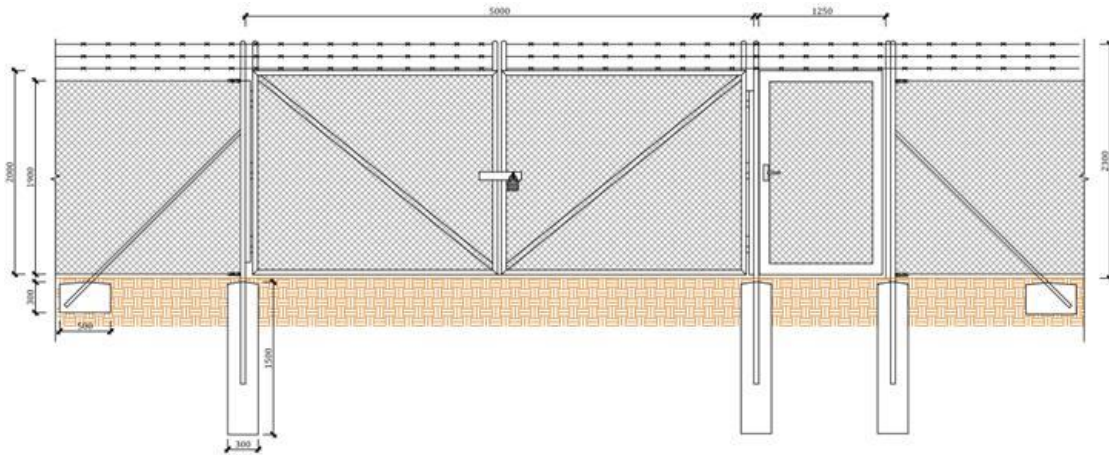
La puerta principal de ingreso al Parque Solar consistirá en una puerta vehicular automatizada con puerta peatonal adosada de 6,25m de longitud por 2,3m de altura (Fotografía 3.53).



**Fotografía 3.53. Portón tipo.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El cercado perimetral tendrá una protección antiescalonamiento de 40cm de alambre de púas galvanizado y en un ángulo de 45° (Figura 3.50). Anteriormente en el numeral de localización fue presentado espacialmente la localización del cerramiento en la Figura 3.2 y las coordenadas de sus vértices en la Tabla 3.3.



**Figura 3.50. Vallado perimetral.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### 3.2.4.1.2.16.9 Excavación de zanjas y elaboración de cajas de paso para cableado eléctrico

Típicamente los paneles se instalan en estructuras que los agrupan para formar mesas en las cuales los paneles van conectados eléctricamente en serie y permiten extraer la energía a través de un solo par de cables, estos paneles conectados en serie reciben el nombre de cadenas (string). Los cables de salida de cada cadena se llevan a cajas concentradoras que físicamente están muy cerca de las mesas y a la salida de estas cajas se conectan menor cantidad de cables de mayor calibre que viajan hasta los inversores, donde se convertirá la corriente DC en AC.

Los cables desde la zona de las mesas de paneles hasta los inversores se llevan por tuberías enterradas en zanjas y cada determinado recorrido o punto de intersección de varios caminos se construye una caja de inspección y paso de los cables, las cuales tienen unas características normales de las empleadas en las conexiones eléctricas subterráneas. (ver Fotografía 3.54).

Previa al inicio de ejecución de obras se realiza la preparación y señalización de zona de trabajo y delimitación de las rutas de circulación. Luego se realizan las siguientes actividades:



- Excavación, depósito de material excavado a un costado de la excavación, asegurándose de dejarlo en cordones, a una distancia igual a la profundidad de excavación, medida desde el borde de la misma. Retiro de los tamaños de acuerdo con el tipo de material definido por especificaciones técnicas y/o bandas granulométricas, inspección de la excavación y finalmente deposición de cama de arena fina.
- Se continúa con la colocación de tubos y construcción de cajas de paso, fijación de canalización mediante pequeñas tongadas (montículos de tierra) que fijen el tubo y eviten su movimiento, instalación de tubos a diferentes a cotas y unión de tubos con las salidas correspondientes de las arquetas, según planos.
- El cable de cobre desnudo de la malla de tierra se enterrará directamente en la zanja y se conectará a todas las partes metálicas de la instalación.
- El cierre de zanjas consiste en la demarcación del área, el relleno con material homogéneo de granulometría según especificación, relleno progresivo de zanjas con capas de tierra, cierre de zanjas con ayuda de retroexcavadora, leve compactación para no dañar la canalización, colocación de señalización en zanja (cinta, conos, etc.) y cubrimiento de zanjas.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.54. Trabajo de apertura de zanjas en planta fotovoltaica.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Para la ejecución del Proyecto se contemplan dos tipos de zanjas longitudinales: Zanjas de baja tensión (Tipo String, Tipo CN1 y Tipo perimetral) y Zanjas de media tensión.

Las dimensiones de las zanjas variarán dependiendo de cada una de las canalizaciones o circuitos que discurren por ella. El lecho de la zanja será liso para recibir el cableado y estará libre de cantos, aristas y vivos. En el mismo, se dispondrá de una cama de arena de espesor mínimo de 0,10m sobre donde se colocará el cableado.

El cableado irá enterrado protegidos en tubo corrugado. No se instalará más de un circuito por tubo y se evitará, en la medida de lo posible, los cambios de dirección de los tubos.

En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Por encima, del cableado se colocará otra cama de arena o tierra cribada de unos 0,050m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja y media tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,30m; todas las zanjas podrán tener versión normal y cruzamiento. La versión en cruzamiento será la misma que la normal, pero con añadidura de una capa de hormigón de protección de 10cm de espesor.

En la Tabla 3.49, se muestran las longitudes de zanjas consideradas para el cableado:

**Tabla 3.49. Movimiento de tierras para la construcción de zanjas.**

Área del parque Fotovoltaico	Tipo de zanja	Factor Esponjamiento	Factor Compactación
MIRAGATOS	Baja Tensión	1	1
	Media Tensión	1	1
	Perimetral	1	1
REPOSO 1 – WEST	Baja Tensión	1	1
	Media Tensión	1	1
	Perimetral	1	1
REPOSO 1 – EAST	Baja Tensión	1	1
	Media Tensión	1	1
	Perimetral	1	1
REPOSO 2	Baja Tensión	1	1
	Media Tensión	1	1
	Perimetral	1	1
GASCONIA AREA 1	Baja Tensión	1	1
	Media Tensión	1	1
	Perimetral	1	1
GARCONIA AREA 2	Baja Tensión	1	1
	Media Tensión	1	1
	Perimetral	1	1

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Para zanjas en zonas sin pavimentar, es decir en tierra, se utilizará como material de relleno tierra procedente de la excavación convenientemente apisonada. El tapado de la zanja se hará por capas sucesivas de 0,15m de espesor, las cuales serán apisonadas y

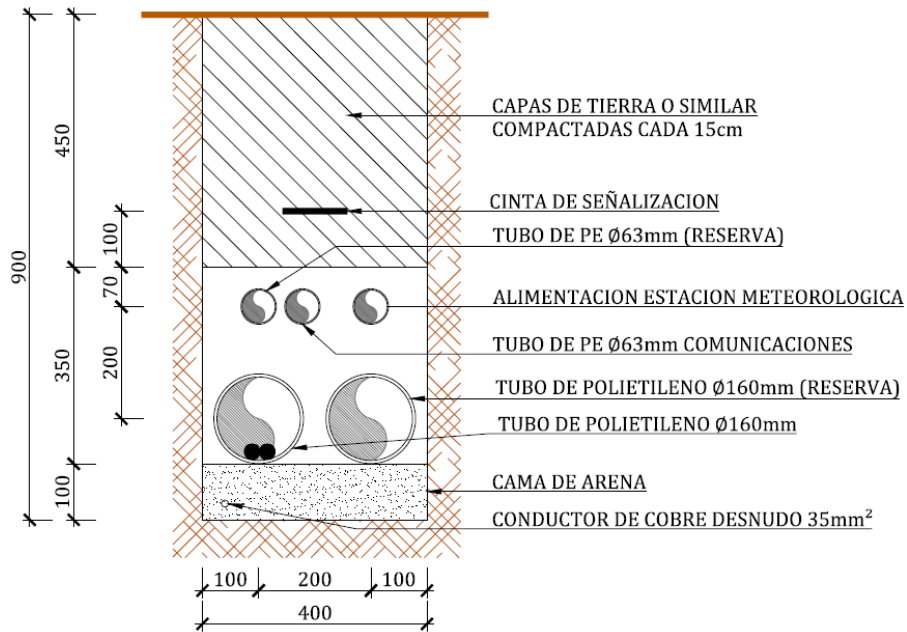
regadas si fuese necesario, con el fin de que el terreno quede suficientemente consolidado.

En el área de intervención del Proyecto se contempla la excavación de zanjas para la canalización eléctrica subterránea (Baja tensión, Media tensión y malla de tierra). Las fundaciones de las columnas del cerramiento perimetral contemplan los perfiles de acero empotrados en hormigón, el cual corresponde a un dado de 40x40x50 cm aproximadamente. La tierra generada por estas obras se ocupará como material de relleno y los sobrantes serán dispuestos mediante terceros que cuenten con los respectivos permisos ambientales vigentes; todas las canalizaciones subterráneas cumplirán con los requerimientos técnicos establecidos en la regulación aplicable a este tipo de instalaciones. Seguidamente se enlista los tipos de zanjas longitudinales a desarrollar

- **Zanjas de Baja Tensión o Tipo String**
  - Tipo CN1
  - Tipo Perimetral
- **Zanjas de Media Tensión**

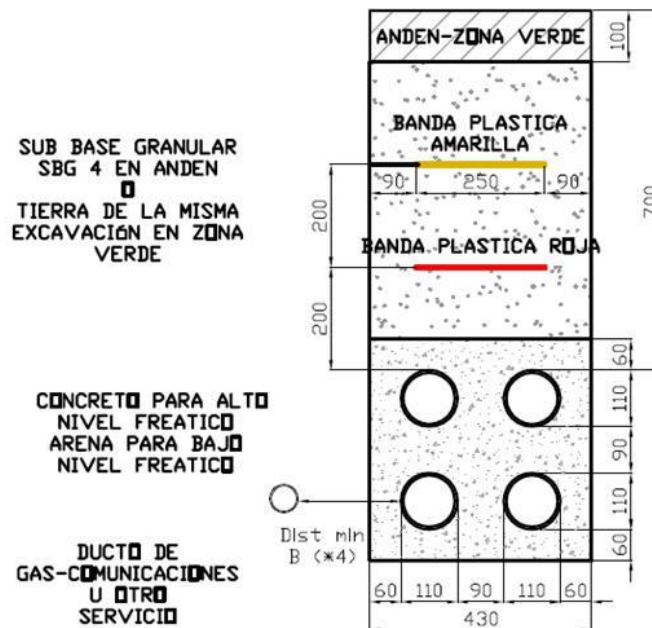
A continuación, en la Figura 3.51 y Figura 3.52 se muestran las zanjas a construir para la instalación de los cables anteriormente mencionados; los diseños de las zanjas se presentan según su tensión, Baja y Media Tensión respectivamente.

Figura 3.51. Diseño de las zanjas para conductores de Baja Tensión (1 circuito)



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

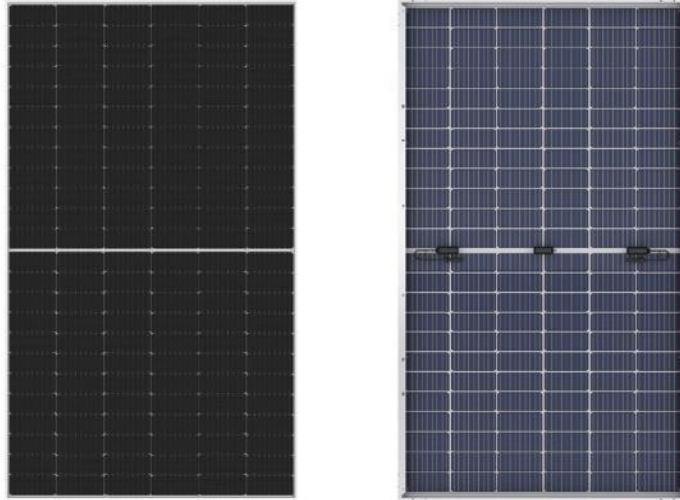
Figura 3.52. Diseño de las zanjas para conductores Media Tensión (1 circuito)



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### 3.2.4.1.2.16.10 Montaje de estructura y módulos

Los paneles solares tienen un tamaño típico de 2256mm × 1133mm (Figura 3.53) y se instalan en áreas E-W GTF con un ángulo de inclinación fijo (eje fijo), y en áreas TRACKER en estructuras que cuentan con seguidores.



**Figura 3.53. Ejemplo de un módulo fotovoltaico Monocristalinos Bifaciales (silicona).**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Una vez habilitado el terreno para el montaje de los paneles, se tiene previsto la instalación de estructuras por medio del hincado de pilotes o vigas sobre el terreno. Las estructuras serán fabricadas en acero galvanizado para garantizar una larga vida útil y su profundidad de hincado, así como el perfil a utilizar dependerán de las características del suelo y de la carga a soportar; los módulos fotovoltaicos serán sujetos a las estructuras por medio de tornillería en acero inoxidable y serán cableados entre sí, formando cadenas de series (Fotografía 3.55).



**Fotografía 3.55. Hincado de estructuras para el montaje de paneles.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

En Proyectos similares se han tenido profundidades de la hinca de hasta 2,5m. Dependiendo de la nivelación del terreno se puede tener una tolerancia de  $\pm 300$ mm en el hincado que es lo que permite ser compensado a través de la estructura. El hincado se realiza con una maquina hincadora de estructura fotovoltaica, que puede instalar hasta 450 hincas diarias. Aunque el valor real de hincas a instalar se determina en la etapa constructiva junto con la cantidad de hincadoras a utilizar. Las fichas técnicas de este equipo de hincado se pueden detallar en el Anexo C.6. Para esta actividad se requiere un operario de la máquina y dos personas más.

Los puntos donde se instalará cada hinca son previamente demarcados con estacas, empleando topografía tradicional. Las fundaciones serán del tipo hincado "perfiles metálicos en C" o "tornillo de anclaje", también se puede realizar cimentaciones combinadas según el tipo de suelo de fundación o resultados de la prueba de pull-out, lo que permitirá fijar las estructuras de soporte de los paneles fotovoltaicos a la superficie del suelo, sin necesidad de utilizar material externo al área. Entre las características de los perfiles metálicos en C de anclaje, destacan la reducción considerable de los tiempos de montaje, reducción de excavaciones, disminución en números de anclajes y movimientos de tierra (Figura 3.54).

Ibagué y Piedras (Tolima)

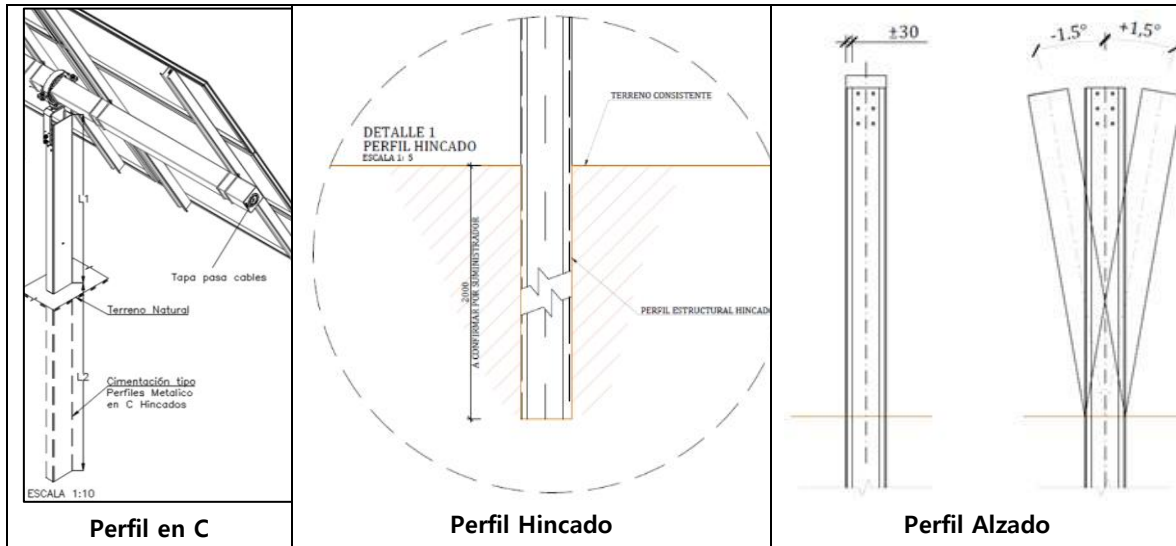


Figura 3.54. Estructura de fundación y tipos de perfil.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Los tornillos de anclaje son muy eficientes en terrenos duros o granulares y/o en áreas donde al realizar la prueba de pull-out los perfiles hincados no soportaron (Figura 3.55).

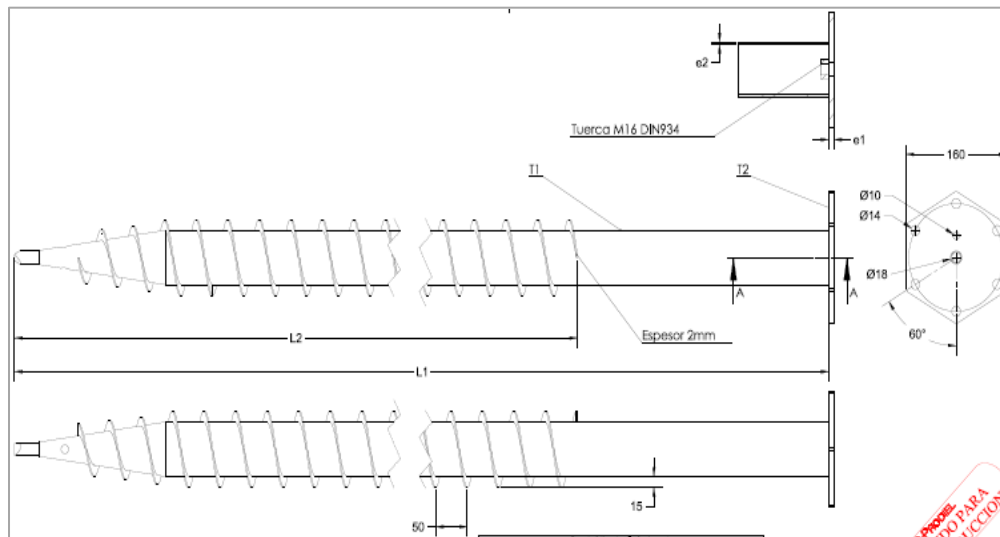


Figura 3.55. Estructura de fundación tipo tornillo.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).



El tiempo de montaje de la estructura que soportara los paneles corresponde aproximadamente al 20% del tiempo total de la construcción del Proyecto. Este procedimiento requiere de maquinaria especializada y dependiendo del estudio geotécnico y de las pruebas de pull-out que se realicen con el fabricante de la estructura, consistirá en hincado directo al piso, fijación a través de hinca con tornillo o el uso de cimentación.

Los pasos del montaje son:

1. Hincado de pilares adelante – atrás
2. Ensamblaje de vigas principales
3. Ensamblaje de correas
4. Montaje de módulos (Fotografía 3.56).

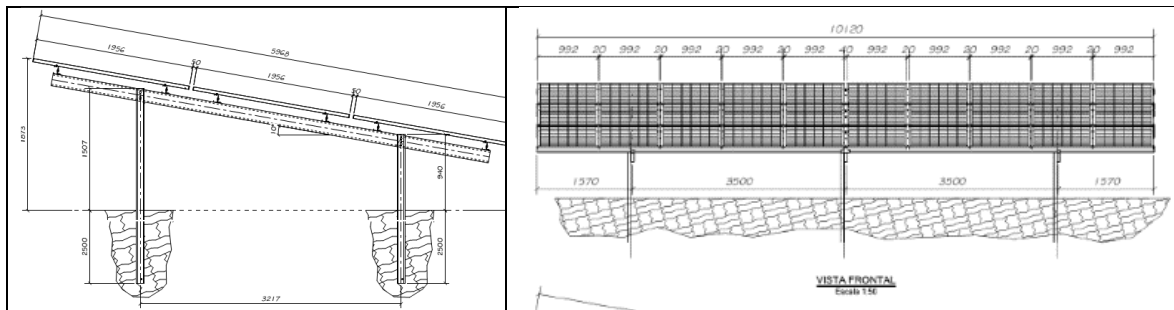


**Fotografía 3.56. Montaje de paneles solares.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El montaje de la viga principal debe realizarse a nivel, el cual se ajusta a través de los tornillos y orificios de ranura en pilares y vigas principales. Posteriormente se montan las correas sobre las vigas principales y sobre las correas se instalan los paneles. Se observa montaje final en la Figura 3.56.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.56. Mesa de paneles - Medidas genéricas.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Para el montaje y posterior mantenimiento se dejan entre cada línea de mesas un espacio de hasta de 7 metros al utilizarse estructuras con seguidores. Esta distancia también está relacionada con la necesidad de evitar que los paneles de una mesa le hagan sombra a los de otra mesa.

Posterior al montaje de los módulos se procede a realizar la conexión de los mismos en serie para conformar los conjuntos (strings) que posteriormente serán conducidos hacia las cabinas de conversión donde se encuentran los inversores y transformadores de baja a media tensión. Los cables de baja tensión pueden ser tendidos tanto por la estructura soportante de los módulos como por canalizaciones subterráneas, dando pleno cumplimiento a las disposiciones legales aplicables. A su vez, se canalizará la línea de media tensión vía soterrada hasta el respectivo centro de control y centro de seccionamiento de cada una de las 6 áreas que componen el parque fotovoltaico.

Para la conexión entre los paneles solares fotovoltaicos y las estaciones de media tensión, se requiere un cable solar. Este tipo de cable es especialmente diseñado para tolerar las condiciones ambientales externas y para ser utilizado en los diferentes tipos de instalaciones solares fijas (estructuras con ángulo fijo), suministrando la máxima eficiencia y garantizando la transmisión de la energía.

#### 3.2.4.1.2.16.11 Sistema de Protección y Control

Barreras sedimentadoras: Este sistema de retención de sólidos consiste en la instalación de barreras conformadas por geomembranas o geotextiles permeables que permiten el paso del agua e impiden el paso de partículas sólidas, es decir cumplen las mismas funciones de un desarenador. Son prácticos en zonas planas y estables donde la energía del flujo es baja y no compromete la estabilidad de las barreras (Fotografía 3.57).



Fotografía 3.57. Sistema de barreras permeables tipo para retención de sólidos.

#### 3.2.4.1.2.16.12 Cimentación de estaciones de inversores y Estaciones de Media Tensión (MV STATION)

Para instalar los inversores y protegerlos de la intemperie, se dispone de centros totalmente equipados, con compartimientos separados y sistemas de enfriamiento para el óptimo funcionamiento, donde se podrían encontrar los inversores, cuadro de servicios auxiliares, protecciones, celdas de media tensión y transformador baja tensión a media tensión. Para transportar la energía (en corriente alterna) desde cada centro de transformación hasta los centros de seccionamiento y posteriormente al centro de control del Parque Solar, se utilizará cableado tipo 0.6/1kV con recubrimiento PVC. Estos cables deben ir enterrados en zanjas o con ductos para garantizar su correcto funcionamiento. Las zanjas deben garantizar la correcta instalación de los cables y ductos,

así como las arquetas. Se realizará previamente el trazado y replanteo (topografía) en terreno, de acuerdo con los planos del Proyecto y especificaciones técnicas.

Los inversores, junto con los transformadores de media tensión y elementos de maniobra y protección de baja y media Tensión se reciben de fábrica instalados en contenedores de 40 pies.

Para el diseño de la cimentación se consideran las reacciones entregadas por el proveedor, las cuales son aplicadas en cuatro puntos de apoyo para el contenedor, uno en cada esquina. Con estas reacciones se diseñan cimentaciones del tipo zapata corrida, las cuales dan el apoyo necesario en ambos extremos del contenedor. Posteriormente se proyectan anclajes en base a sistemas de pernos químicos utilizando el software de cálculo que facilita el proveedor del anclaje.

Para ello se considera la utilización de topes sísmicos que ayuden a repartir el corte a lo largo de toda la cimentación de una forma más homogénea, los cuales son entregados por el proveedor del contenedor. Finalmente, se calcula el tipo de perno químico a utilizar, con su geometría mediante el uso del software del proveedor del anclaje. Esta es una actividad que se estima dura 10 días por contenedor, requiere la participación de 4 personas entre oficiales de obra y ayudantes (Ver Fotografía 3.58).

El volumen de material removido es aproximadamente de 9 m<sup>3</sup> por contenedor, para un total de 234 m<sup>3</sup> para todos los contenedores de inversores centrales y estaciones de media tensión del Parque Solar, que corresponden a 26.



**Fotografía 3.58. Imagen de cimentación de inversores y fotografía de cimentaciones.**

Cuando se cuenta con el cálculo de la zapata, se inicia la excavación con una retroexcavadora con cuchara, en el caso de terreno de tránsito, o con martillo en caso de terreno rocoso o conglomerado, reservando el material acopiado para el posterior relleno o para su transporte a vertedero. De acuerdo con el tipo de terreno y a la profundidad de excavación se disponen los taludes necesarios para garantizar su estabilidad.

Al llegar al fondo de la excavación, la misma se nivela y se comprueba si el terreno, considerando las condiciones de tensión admisible del Proyecto, es el previsto para efectuar la cimentación.

Antes de verter el hormigón, se limpia el fondo de la excavación quitando cualquier material suelto hasta obtener una plataforma horizontal. En la superficie de la excavación se disponen repartidos uniformemente marcando la cota de hormigón de limpieza coincidiendo con la cota inferior de la zapata. En caso de que sea necesario, se coloca seguidamente el encofrado lateral, comprobando las dimensiones y pendientes. Luego se coloca el hormigón de limpieza para nivelar el fondo de la excavación y para preparar la colocación de la armadura.

Comprobada la colocación del acero de refuerzo, se efectúa el replanteo de la cota de hormigonado colocando barras de acero o pintando los laterales. Luego se disponen cuerdas entre las marcas para la nivelación de la superficie de hormigón. Se hormigona

con bomba o grúa con cubilote. El hormigón se coloca con vertido directo, desde una altura menor o igual a 1,5 m., tratando de que no segregue y considerando los factores climáticos. Se compacta el hormigón mediante vibradores de aguja, considerando que la aguja se introduzca profundamente en la masa vertical y debe quitarse con lentitud y a velocidad constante.

El hormigón se compacta en capas no mayores a 60 cm. El curado del Hormigón se realiza en toda la superficie expuesta a continuación del vibrado y enrasado de la superficie final, para evitar la aparición de fisuras de retracción plástica con la pérdida de humedad. En los curados con agua, el proceso lleva una duración mínima de 4 días; si las temperaturas son muy bajas, se extiende a 7 días. Si arrecia el viento, hay mucho calor o baja humedad ambiente, se intensifican los procesos de curado. El curado se efectúa mediante riego de agua o con líquido especial de curado (filmógeno) durante 7 días seguidos.

#### *3.2.4.1.2.16.13 Otras cimentaciones superficiales*

Para cimentaciones superficiales diferentes a los pilotes de los seguidores como aquellas para el edificio de operación y mantenimiento, se considera una geometría de cimentación consistente en zapata individual de 1.5x1.5m soportadas a profundidad variable entre 0,2 y 2,0 m, utilizando la formulación clásica basada en los parámetros de resistencia del suelo y la teoría de la plasticidad para el comportamiento tensión-deformación del suelo, con sus correspondientes coeficientes de carga ( $N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$ ) y los coeficientes de forma de la zapata ( $S_c$ ,  $S_q$ ,  $S_\gamma$ ), según Brinch-Hansen.

#### *3.2.4.1.2.16.14 Corrosión de las cimentaciones*

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos químicos realizados, así como con norma NSR-10, en su capítulo C.4, requisitos de durabilidad del hormigón, se obtiene que el terreno estudiado presenta una agresividad al hormigón de clase S0. Dicha clase de exposición no presenta requerimientos específicos a cumplir por el cemento para el hormigón de acuerdo con la norma NSR-10.

Con base en los trabajos de campo y datos de laboratorio se puede concluir que, a pesar de las diferencias de clasificación indicadas entre los diferentes sistemas utilizados, el terreno investigado puede presentar características medianamente corrosivas a débilmente corrosivas, principalmente por las bajas resistividades eléctricas obtenidas. Las tasas de corrosión consideradas plantean la necesidad de disponer un espesor de capa de galvanizado para una vida útil de diseño de 25 años de alrededor de 350  $\mu\text{m}$  para evitar efectos de corrosión en el perfil de acero. El diseño del parque y los elementos metálicos utilizados tendrán en cuenta estas recomendaciones preliminares de los estudios de corrosión realizados.

#### *3.2.4.1.2.16.15 Instalación eléctrica de baja tensión*

Si el cableado de Baja Tensión está a la intemperie, deberá funcionar correctamente bajo radiación solar directa, operando de manera continua a 90°C y su vida útil deberá estar garantizada durante toda la vida útil del Parque Solar. El cableado deberá llevar protección externa de fibra de vidrio y termoplástico reforzado y una capa anti-roedores, no propagadora de llama y libre de sustancias halógenas.

Debe cumplir con la normativa nacional e internacional aplicable y resistir esfuerzos mecánicos, radiación UV y condiciones meteorológicas adversas.

A la hora de dimensionar las secciones del cableado DC la caída de tensión no excederá el 3% en todo el circuito DC. Estas pérdidas serán calculadas en base a potencia nominal, considerando una temperatura de operación en el núcleo del conductor de 90°C, una temperatura ambiente máxima de 35°C y una resistividad térmica y temperatura del terreno en función de los resultados del estudio geotécnico.

Se considerarán los siguientes tramos y circuitos:

➤ **Tramos de CC en BT**

- Nivel 1 discurre parcialmente a lo largo de la estructura, al aire, y parcialmente bajo tubo enterrado en zanja, desde cada string hasta las cajas de agrupación de nivel 1.
- Nivel 2 discurre enterrado bajo tubo desde las cajas de nivel 1 hasta los inversores.
- Tramos de AC en Baja Tensión, puentes de baja tensión entre el transformador y el inversor discurre al aire y forman parte del alcance del suministrador de las estaciones de media tensión.
- Tramos de AC en Media Tensión discurren enterrados bajo tubo y unen las diferentes Estaciones de Media Tensión de la planta con el centro de seccionamiento de salida de ésta.

➤ **Cable Corriente Continua de string a CN1**

Los cables requeridos para la interconexión entre los módulos fotovoltaicos y Cajas de Nivel 1 (CN1) podrán ser del tipo P-Sun 2.0 (RHH), adecuados para su instalación exterior.

➤ **Cable DC Interconexión CN1 Inversor**

Los cables requeridos para la interconexión entre las Cajas de Nivel 1 (CN1) y los inversores del Parque Solar fotovoltaico, podrán ser del tipo RHH (RV Al), adecuados para su instalación en intemperie o enterrados bajo tubo.

➤ **Cable Alterna servicios auxiliares**

Los cables a suministrar para la alimentación de Servicios Auxiliares (SSAA) podrán ser del tipo RV-K (RHH) adecuados para su instalación, enterrados bajo tubo



#### *3.2.4.1.2.16.16 Instalación eléctrica de media tensión*

Los cables a suministrar para la interconexión de las distintas ramas que forman la Red de Media Tensión del Parque Solar desde las Celdas de Media Tensión de cada Estación y el Centro de Seccionamiento deberán ser adecuados para instalarse enterrados bajo tubo de acuerdo con la normativa aplicable, esto mediante las Zanjias y Bancos de Ducto descritos anteriormente.

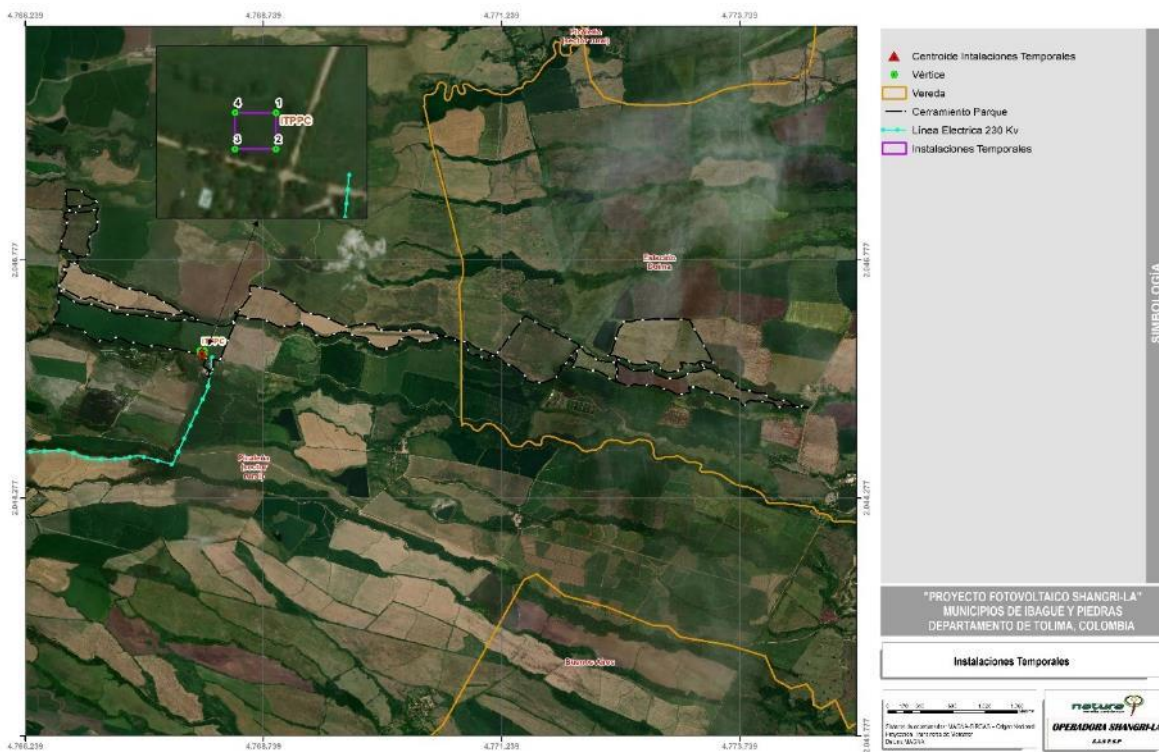
#### *3.2.4.1.2.17 Instalaciones de Apoyo*

Las instalaciones de apoyo consistirán en una zona de obras provisionales, un área de operación y mantenimiento y la instalación de estaciones meteorológicas.

##### *3.2.4.1.2.17.1 Zona de obras provisionales – Instalaciones Temporales*

Las instalaciones de apoyo consistirán en una zona de obras provisionales a utilizar durante la fase de construcción del Proyecto. Consistirán principalmente de instalaciones tipo camper o contenedores metálicos y áreas despejadas para el almacenamiento temporal, los cuales se desarrollará dentro de una superficie de 0,18 ha con dimensiones de 40x45m, ver Figura 3.57.

Figura 3.57 Localización de zona de obras provisionales – Instalaciones Temporales



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Las siguientes obras temporales son parte del Proyecto:

➤ **Área de oficinas**

- Taller de trabajo. Contará con elementos que permitan la correcta ventilación, luminosidad, con bancos y mesas de trabajo. En los talleres se podrá realizar provisionalmente el pre-montaje de estructuras.
- Comedor. Para la fase de construcción, se plantea la utilización de una zona de comedor para los trabajadores, estas instalaciones contarán con bancas y mesas, ventilación y luminosidad necesaria. Se precisa que no se contempla la preparación de alimentos, sólo la instalación del comedor como sitio específico para el consumo de éstos. El abastecimiento de la alimentación será subcontratado a una empresa externa autorizada para desarrollar este tipo de servicio o será responsabilidad de cada trabajador traer la comida que precisen.

La disposición de los residuos sólidos y líquidos domésticos que se generen en esta área serán depositados en las zonas adecuadas de residuos para luego ser dispensadas en puntos autorizados.

- Servicios de Primeros Auxilios. Se habilitará en uno de los contenedores, un área que contará con todo el equipamiento necesario para primeros auxilios, dentro del área de las oficinas. Se realizarán jornadas de capacitación e inducción sobre primeros auxilios previo al inicio de la obra.
- Oficinas Administrativas. Serán de tipo contenedor y albergará al equipo técnico de calidad, seguridad y medio ambiente, que permitirá la operación segura durante la preparación del sitio y construcción del Parque. Contará con adecuado servicio de internet para facilitar comunicaciones.

#### ➤ **Área de acopio y almacenamiento**

El Proyecto contará con zonas de almacén temporal y zona de acopio para el almacenamiento de módulos fotovoltaicos, seguidores, cableado y resto de equipos necesarios para la instalación. Se operará con la metodología *Just In Time*, de modo de minimizar el tiempo y espacio para almacenamiento de éstos. En estas instalaciones se almacenarán también materiales, herramientas y elementos de protección personal.

Estas áreas de acopios temporales no prevén ningún tipo de estructura sobre el nivel del suelo. Se acondicionará el terreno de forma que su nivelación y características portantes sean adecuadas para el almacenamiento al descubierto de los diferentes equipos que allí se almacenarán. De ser requerido, se realizarán cunetas u otros elementos para el correcto drenaje superficial de agua de lluvia. En el numeral 3.2.4.2.17 se presentará el detalle de estas áreas y ubicación

En estas zonas también se podrá disponer material sobrante de excavación, de construcción y demolición.

### ➤ **Zona de baños**

Durante la fase de construcción se instalarán baños portátiles en el área de acceso y de oficina. Estarán ubicados en lugares convenientes, a una distancia en sentido horizontal no mayor de 75 metros ni a más de un piso del lugar de trabajo. En algunos frentes de trabajo se instalarán también baños portátiles, los cuales se irán desplazando con el frente de trabajo.

### ➤ **Zona de acopio de residuos peligrosos y no peligrosos**

Se habilitarán zonas cercadas destinadas al almacenamiento de residuos sólidos no peligrosos y escombros que se generen en la fase de preparación del sitio y construcción, tales como fierro, madera no contaminada, pernos y otros.

Los residuos sólidos domésticos serán almacenados en forma temporal en bolsas plásticas dentro de contenedores herméticamente sellados en un depósito temporal. Estos residuos serán retirados en forma periódica por una empresa especializada y acreditada por el municipio, quien se encargará de su disposición final.

Asimismo, se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos, para el almacenamiento de los posibles residuos peligrosos que se generen durante las actividades de preparación del sitio y construcción. La bodega cumplirá con lo establecido en la Ley General para Prevención y Gestión Integral de los Residuos, tendrá una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos almacenados. En el numeral 3.2.4.2.17 se presentará el detalle de estas áreas y ubicación

### ➤ **Campamentos y dormitorios**

El Proyecto no contempla la construcción e instalación de campamentos ni otro tipo de recintos para alojamiento y vivienda del personal, considerando que el personal que se contrate durante las actividades de preparación del sitio y construcción provendrá principalmente de las localidades cercanas al Proyecto. Para el personal que no sea de la zona, se dispondrá de hospedaje en poblados cercanos al Proyecto (principalmente

Ibagué), disponiendo movilización diaria desde los lugares de alojamiento a los frentes de trabajo y las bases de operación.

*3.2.4.1.2.17.2 Bodega de operación y mantenimiento*

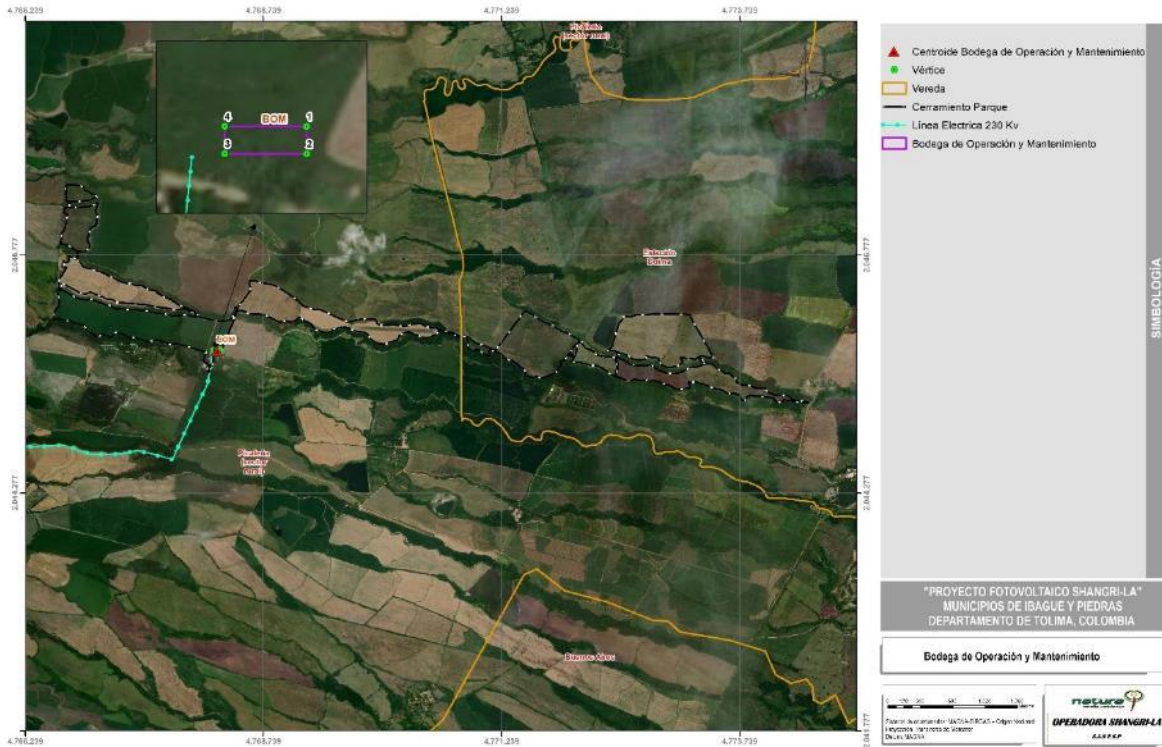
El área destinada a operación y mantenimiento tendrá aproximadamente 0,12 ha con dimensiones de 60x20 metros y estará localizada en la entrada principal al Proyecto y será ubicada en el Parque Solar de la manera mostrada en la Figura 3.58; las coordenadas de los vértices del polígono donde se ubicarán se presentan en la Tabla 3.50.

**Tabla 3.50. Coordenadas de Localización de la Bodega de Operación y Mantenimiento**

VÉRTICES	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
	ESTE	NORTE
1	4768281,12	2045780,40
2	4768281,06	2045760,40
3	4768221,05	2045760,56
4	4768221,10	2045780,56

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Figura 3.58 Localización de la Bodega de operación y mantenimiento



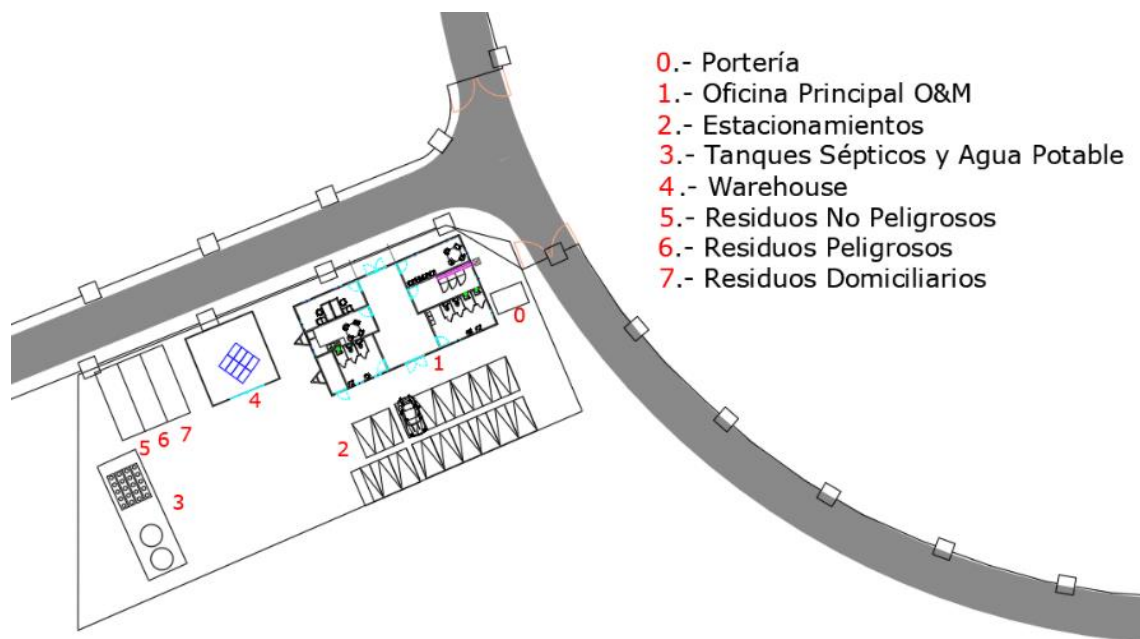
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Dentro de la bodega de operación y mantenimiento habrá un edificio u oficina principal de operación y mantenimiento, una portería para verificar el acceso del personal con credenciales adecuadas al Proyecto, estacionamiento o parqueadero, tanques sépticos y de agua potable, un warehouse o lugar de almacenamiento de herramientas y repuestos, y lugares señalizados para disposición de residuos no peligrosos, peligrosos y domésticos (Figura 3.59) para la distribución preliminar tipo de estos elementos.

El edificio u oficina principal de operación y mantenimiento será de aproximadamente 1.200 m<sup>2</sup>, dimensiones adecuadas para albergar las instalaciones y equipos necesarios para la operación y control de la Planta Fotovoltaica. El edificio dispondrá de una sala para el mando y control, sala servidor, sala de reuniones, aseos, almacenes y zona de administración. El edificio albergará los equipos de comunicaciones centrales del parque, monitores del sistema de control digital, cuadro de servicios auxiliares de corriente

directa y alterna, y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y control de intrusos. Además, deberá estar provisto de un grupo electrógeno para emergencias.

Figura 3.59 Distribución del área de operación y mantenimiento



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Los acabados garantizarán las condiciones de salubridad laboral para todas las personas que pudieran tener acceso a las instalaciones.

En la Tabla 3-39, se relaciona la información más relevante del terreno y ubicación del sitio donde se construirá la Bodega de Operación y Mantenimiento.

Tabla 3-51. Ubicación y Condiciones del terreno de la Bodega de Operación y Mantenimiento

Infraestructura	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
<b>Bodega de Operación y Mantenimiento</b>	0,12	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados 2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX) Cultivos transitorios intensivos (CTI)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

#### 3.2.4.1.2.17.3 Estaciones meteorológicas

Se prevé la instalación de múltiples estaciones meteorológicas para la adquisición de datos climatológicos y análisis de rendimiento por medio del sistema de monitorización. Todas las variables medidas se utilizan para controlar el buen funcionamiento de la planta, así como ayudan a detectar algún síntoma de fallo de los equipos. La estación está compuesta por los siguientes componentes:

- Piranómetro clase secundaria
- Albedómetro
- Mástil de la torre de acero galvanizado
- Anemómetro de viento
- Veleta
- Sensor de humedad relativa
- Sensor de presión barométrica
- 2x Células calibradas policristalinas
- Sistema de medición y control
- Fuente de alimentación y UPS
- Datalogger

#### 3.2.4.1.3 Infraestructura de transmisión de energía eléctrica

Con la finalidad de conectar la energía generada en el Parque Solar y según el concepto favorable de la UPME recibido para la conexión a la subestación Miro lindo a 230kV, mediante Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020 y siguiendo las cláusulas del contrato de conexión vigente N° 4010165 de febrero de 2021 (ver Anexo C.1), se construirá la Línea de Transmisión Shangri-La 230 kV.

La definición de la localización de la Línea de Transmisión de 230 kV del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La (Anexo C.3), fue el resultado de un análisis integral y adaptativo sobre los aspectos abióticos, bióticos y socioeconómicos del área de interés del Proyecto, que responde a:



- Las zonas urbanas y rurales validadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para la ubicación de la Línea de Transmisión, mediante el Radicado 2021081539-2-000 del 28 de abril de 2021 (ANEXO B.1 y C.1), donde se aprobó la NO Aplicabilidad del Trámite de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA).
- El trazado general aprobado por la ANI, Concesionaria San Rafael y el Interventor MAB Ingeniería para la Línea de Transmisión del Proyecto Shangri-La (ANEXO B.1 y C.1), ubicado sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael, que garantiza el menor impacto sobre la infraestructura urbana de Ibagué y la mayor viabilidad desde el punto de vista social, urbanístico y operativo.

La Línea de Transmisión estará soportada en ochenta (80) estructuras en tierra que ocuparán un área permanente de 0,86 ha, cuyas coordenadas de localización se presentan a continuación en la Tabla 3.52 junto con sus características, y para mayor detalle se puede observar en la GDB y ANEXO Cartográfico (ANEXO A) y el ANEXO C.7 del presente Estudio de Impacto Ambiental.

**Tabla 3.52. Características y Coordenadas de las Estructuras Soporte de la Línea de Transmisión**

TORRE			ID DE TORRE	ABSCISA (km)	ALTURA ESTRUCTURA (m)	Área permanente del Sitio de Torre (m <sup>2</sup> )	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
No	TIPO	REFERENCIA					ESTE (m)	NORTE (m)
1	TERMINAL	CARE GATO	ST-TCG-1	K 0+000,00	20,50	224,28	4768196,90	2045758,30
2	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-2	K 0+170,64	20,50	224,28	4768180,37	2045588,84
3	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-3	K 0+338,40	20,50	224,28	4768151,08	2045424,13
4	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-4	K 0+577,02	20,50	224,28	4768049,61	2045208,23
5	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-5	K 0+820,82	20,50	224,28	4767945,95	2044987,65
6	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-6	K 0+998,72	20,50	278,59	4767873,99	2044834,54
7	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-7	K 1+200,36	20,50	217,23	4767782,87	2044630,82
8	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-8	K 1+428,62	20,50	216,14	4767553,46	2044694,01
9	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-9	K 1+577,44	20,50	224,28	4767416,03	2044723,59
10	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-10	K 1+751,30	20,50	224,28	4767245,42	2044690,40
11	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-11	K 1+905,26	20,50	224,28	4767091,57	2044685,55

Ibagué y Piedras (Tolima)

TORRE			ID DE TORRE	ABSCISA	ALTURA ESTRUCTURA	Área permanente del Sitio de Torre	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
No	TIPO	REFERENCIA					ESTE	NORTE
				(km)	(m)	(m2)	(m)	(m)
12	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-12	K 2+061,04	20,50	224,28	4766935,92	2044680,64
13	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-13	K 2+220,95	20,50	224,28	4766784,11	2044730,74
14	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-14	K 2+381,85	20,50	224,28	4766631,36	2044781,16
15	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-15	K 2+606,93	20,50	224,28	4766406,70	2044768,58
16	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-16	K 2+841,23	20,50	224,28	4766172,83	2044755,49
17	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-17	K 3+080,60	20,50	224,28	4765933,91	2044742,11
18	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-18	K 3+305,97	20,50	224,28	4765708,95	2044729,51
19	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-19	K 3+511,63	20,50	224,28	4765503,73	2044741,89
20	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-20	K 3+728,21	20,50	224,28	4765287,60	2044754,94
21	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-21	K 3+948,20	20,50	224,28	4765073,51	2044805,25
22	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-22	K 4+183,47	20,50	224,29	4764864,70	2044913,50
23	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-23	K 4+405,43	20,50	224,29	4764802,50	2045085,53
24	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-24	K 4+611,19	20,50	224,28	4764701,48	2045240,60
25	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-25	K 4+833,38	20,50	224,29	4764554,51	2045397,90
26	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-26	K 5+054,08	20,50	224,29	4764395,59	2045512,54
27	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-27	K 5+295,50	20,50	224,29	4764187,23	2045590,36
28	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-28	K 5+460,75	20,50	224,29	4763972,99	2045670,38
29	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-29	K 5+634,69	20,50	224,29	4763758,75	2045750,39
30	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-30	K 5+785,98	20,50	224,29	4763551,75	2045827,70
31	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-31	K 5+923,75	20,50	224,29	4763382,35	2045798,96
32	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-32	K 6+100,80	20,50	224,29	4763180,00	2045764,63
33	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-33	K 6+318,82	20,50	224,29	4762964,62	2045710,32
34	SUSPENSIÓN	CARE GATO	ST-TCG-34	K 6+525,54	20,50	211,81	4762761,84	2045680,15
35	TERMINAL	CARE GATO	ST-TCG-35	K 6+708,15	20,50	222,64	4762640,39	2045592,98
36	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-36	K 6+717,31	18,00	8,91	4762633,46	2045588,00
37	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-37	K 7+033,10	21,10	1,00	4762306,52	2045561,81
38	TERMINAL	POSTE CONCRETO	SP-PC-38	K 7+039,50	24,00	0,83	4762304,78	2045555,66
39	SUSPENSIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-39	K 7+100,89	27,00	1,05	4762288,70	2045496,40
40	SUSPENSIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-40	K 7+181,22	27,00	1,05	4762267,25	2045419,05
41	SUSPENSIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-41	K 7+282,98	27,00	1,05	4762239,35	2045321,2

Ibagué y Piedras (Tolima)

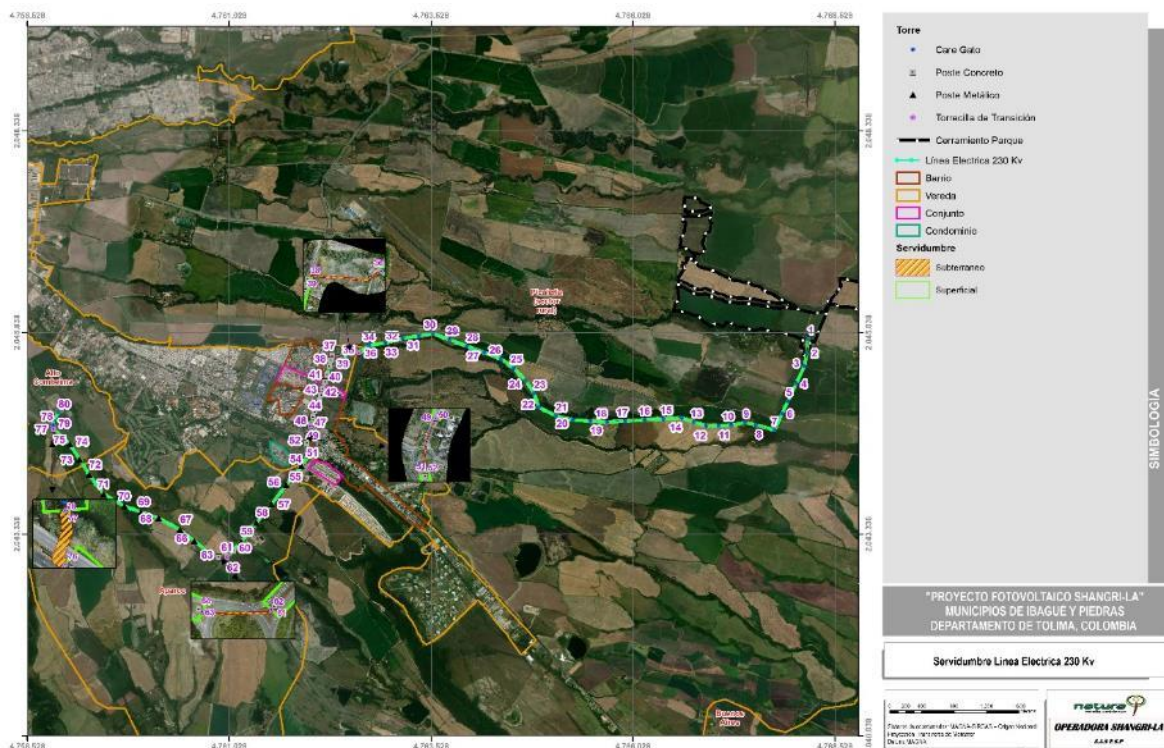
TORRE			ID DE TORRE	ABSCISA	ALTURA ESTRUCTURA	Área permanente del Sitio de Torre	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
No	TIPO	REFERENCIA					ESTE	NORTE
				(km)	(m)	(m2)	(m)	(m)
42	SUSPENSIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-42	K 7+379,98	27,00	1,05	4762213,82	2045227,65
43	RETENCIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-43	K 7+475,47	24,00	0,83	4762188,68	2045135,55
44	SUSPENSIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-44	K 7+549,45	24,00	0,83	4762168,89	2045064,25
45	RETENCIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-45	K 7+625,47	24,00	0,83	4762143,46	2044992,57
46	SUSPENSIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-46	K 7+697,14	24,00	0,83	4762117,22	2044925,90
47	SUSPENSIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-47	K 7+773,81	24,00	0,83	4762087,96	2044855,04
48	RETENCIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-48	K 7+844,37	24,00	0,83	4762063,29	2044788,95
49	TERMINAL	POSTE CONCRETO	SP-PC-49	K 7+948,54	24,00	0,83	4762031,56	2044689,76
50	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-50	K 7+954,62	21,10	1,00	4762029,24	2044684,14
51	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-51	K 8+170,52	21,10	1,00	4761988,12	2044476,48
52	TERMINAL	POSTE CONCRETO	SP-PC-52	K 8+176,41	27,00	1,05	4761989,65	2044470,80
53	RETENCIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-53	K 8+259,43	27,00	1,05	4762008,76	2044389,61
54	RETENCIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-54	K 8+335,30	27,00	1,05	4762000,82	2044313,83
55	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-55	K 8+485,24	40,00	2,32	4761921,53	2044186,33
56	SUSPENSIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-56	K 8+785,24	40,00	2,32	4761736,22	2043950,50
57	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-57	K 9+085,24	40,00	2,32	4761552,85	2043713,21
58	SUSPENSIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-58	K 9+385,24	40,00	2,32	4761364,30	2043479,97
59	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-59	K 9+685,23	40,00	2,32	4761174,73	2043247,57
60	RETENCIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-60	K 9+835,23	27,00	1,05	4761077,43	2043133,46
61	TERMINAL	POSTE CONCRETO	SP-PC-61	K 9+939,50	27,00	1,05	4761005,49	2043058,02
62	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-62	K 9+945,58	21,10	1,00	4761001,29	2043053,63

TORRE			ID DE TORRE	ABSCISA	ALTURA ESTRUCTURA	Área permanente del Sitio de Torre	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
No	TIPO	REFERENCIA					ESTE	NORTE
				(km)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)
63	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-63	K 10+049,47	21,10	1,00	4760900,46	2043051,34
64	TERMINAL	POSTE CONCRETO	SP-PC-64	K 10+055,76	27,00	1,05	4760894,84	2043054,17
65	RETENCIÓN	POSTE CONCRETO	SP-PC-65	K 10+194,47	27,00	1,05	4760771,05	2043116,67
66	SUSPENSIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-66	K 10+415,47	40,00	2,32	4760598,13	2043254,22
67	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-67	K 10+644,50	40,00	2,32	4760418,24	2043395,86
68	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-68	K 10+942,95	40,00	2,32	4760155,69	2043537,17
69	SUSPENSIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-69	K 11+172,08	40,00	2,32	4759939,55	2043613,06
70	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-70	K 11+392,95	40,00	2,32	4759731,21	2043686,22
71	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-71	K 11+690,97	40,00	2,32	4759473,32	2043835,42
72	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-72	K 11+990,20	40,00	2,32	4759294,99	2044075,61
73	SUSPENSIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-73	K 12+213,65	40,00	2,32	4759175,96	2044264,64
74	RETENCIÓN	POSTE METÁLICO	SP-PM-74	K 12+440,20	40,00	2,32	4759055,27	2044456,3
75	TERMINAL	POSTE CONCRETO	SP-PC-75	K 12+713,01	27,00	1,05	4758853,70	2044640,3
76	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-76	K 12+718,80	21,10	1,00	4758848,99	2044643,69
77	-	TORRECILLA TRANSICIÓN	ST-TM-77	K 12+764,88	18,00	7,44	4758849,07	2044683,49
78	TERMINAL	CARE GATO	ST-TCG-78	K 12+770,97	20,50	224,29	4758848,57	2044689,49
79	RETENCIÓN	CARE GATO	ST-TCG-79	K 12+835,88	20,50	224,29	4758852,62	2044754,85
80	TERMINAL	CARE GATO	ST-TCG-80	K 12+954,94	20,50	224,29	4758914,86	2044846,60
<b>Bahía de Conexión 230kV</b>				K 13+095,25	-	-	-	-

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Seguidamente en la Figura 3.60 se presenta la georreferenciación de la Línea de Transmisión SHANGRI-LA 230 kV y en el ANEXO C.8 se presentan figuras de detalle de cada sitio de torre, torrecilla y postes.

Figura 3.60 Localización general de la Línea de Transmisión de 230 Kv del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

En la zona rural, la línea irá soportada en torres de estructura metálica de 18 a 22 metros de altura visible, tipo "CARE GATO" para garantizar menor impacto paisajístico y total coexistencia con las zonas cercanas al área de influencia del Aeropuerto Nacional Perales (Figura 3.77; Tabla 3-79). En la zona de la concesión vial y sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y la Variante Picalaña 40TLF, la línea irá soportada en postes de concreto o acero y torrecillas metálicas de transición (en cruces teledirigidos) entre 18 a 40 metros de altura aproximadamente, teniendo menor altura los ubicados en la zona nororiental del tramo urbanizado.

La localización específica de las torres se diseñó de tal manera que, prioriza y cumple cabalmente las siguientes condiciones:

Ibagué y Piedras (Tolima)

- Distancias mínimas requeridas frente a drenajes o cuerpos de agua remanentes<sup>14</sup>, de la zona de servidumbre aplicable al voltaje de la línea (230 kV), que corresponde a 32 metros o el equivalente a un buffer de seguridad de 16 metros a partir del eje de la Línea de Transmisión (i.e. a cada lado).
- La mínima afectación posible sobre la vegetación protectora o bosque ripario asociado a los drenajes hídricos que persisten en la zona.
- Coexistencia y nula interferencia con las zonas cercanas al área de influencia del Aeropuerto Nacional Perales.

Considerando el cruce con la zona urbana de Ibagué, debido a la conexión en la subestación Mirolindo (Figura 3.60), el diseño de la Línea de Transmisión en este sector se apoyó en la verificación de la topografía e infraestructura urbana (ANEXO C.11), en el trazado ubicado sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y la Variante Picaleña 40TLF de la Concesión San Rafael, para garantizar el mínimo impacto desde los puntos de vista abiótico, biótico y socioeconómico. Como se mencionó previamente, la ubicación general y obras proyectadas sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y la Variante Picaleña 40TLF, fueron validadas por la Concesionaria San Rafael, la Agencia Nacional de Infraestructura y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, en etapas previas al trámite de la licencia ambiental (soportes en ANEXO B.1 y C.1).

En la zona urbana, la Línea de Transmisión estará apoyada sobre postes de concreto de 24 y 27 metros y con postes metálicos de 40 metros de altura visible, excepto en los cruces viales, en los cuales se realizará cruce subterráneo, con el sistema de perforación dirigida (Tabla 3-79). En muchos sectores del país se han realizado este tipo de

---

<sup>14</sup> e.g. "Una faja no inferior a 30 metros de ancha, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua; según el numeral 1.b. del Artículo 2.2.1.1.18.2 del Decreto 1076 de 2015 que compila las disposiciones del Artículo 3 del Decreto 1449 de 1977.

intervenciones sobre el separador de vía, uno de ellos se ejemplifica en la ruta Nacional 40 que comunica a los municipios de Granada con Soacha (Figura 3.61).

**Figura 3.61. Ejemplo de Línea de Transmisión sobre separador de vía ubicado en la Ruta Nacional 40.**



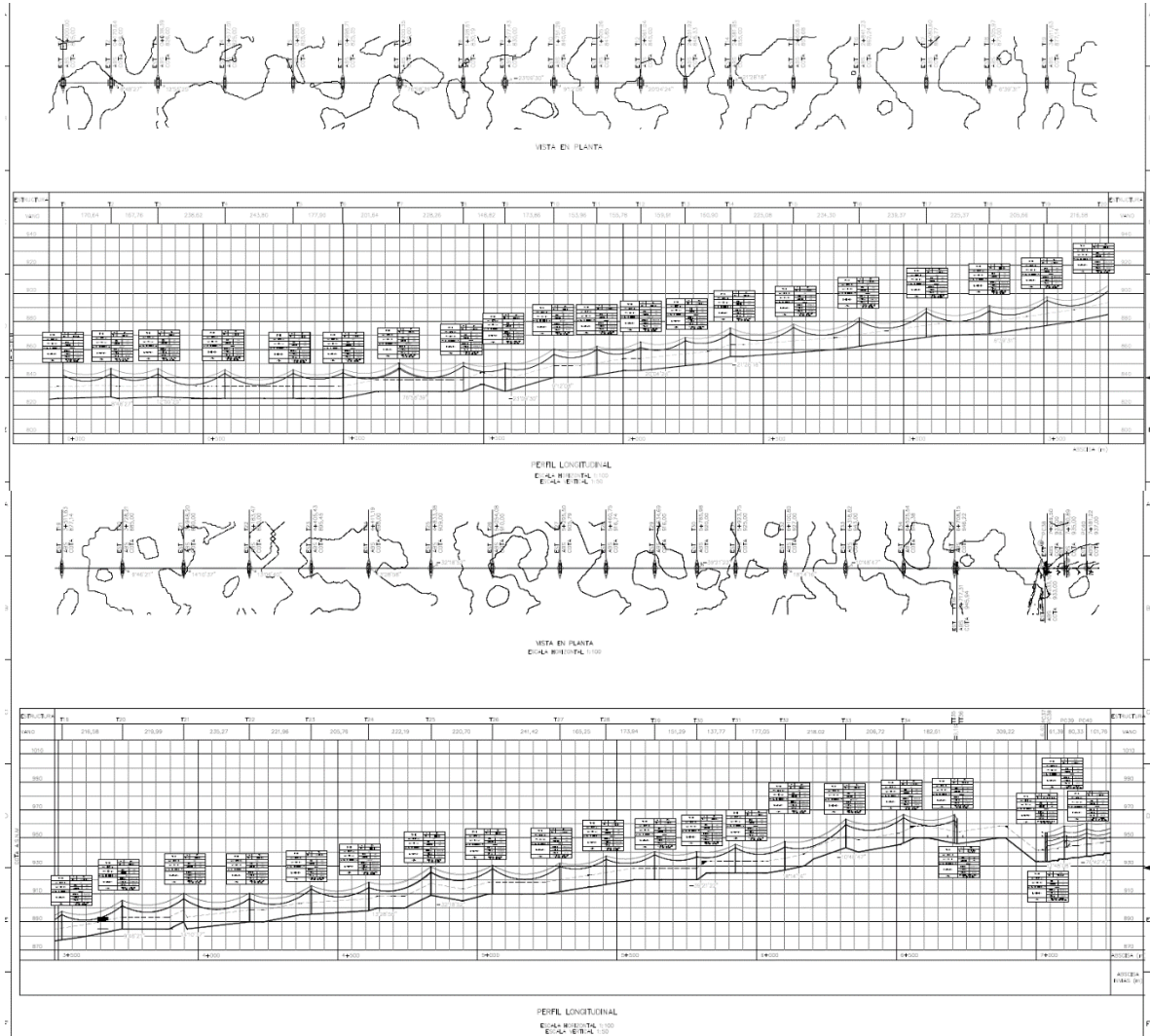
Fuente: Google Earth

Los tramos de acceso a la subestación, paso por glorietas y acceso a la vía se ejecutarán con pasos subterráneos, por el sistema de excavación teledirigida, según se describe en el numeral 3.2.4.1.3.8.7.

Con respecto al plano general planta perfil de la Línea de Transmisión, el mismo se encuentra en el Anexo C.9, y seguidamente en la Figura 3.62 se puede observar su esquema.

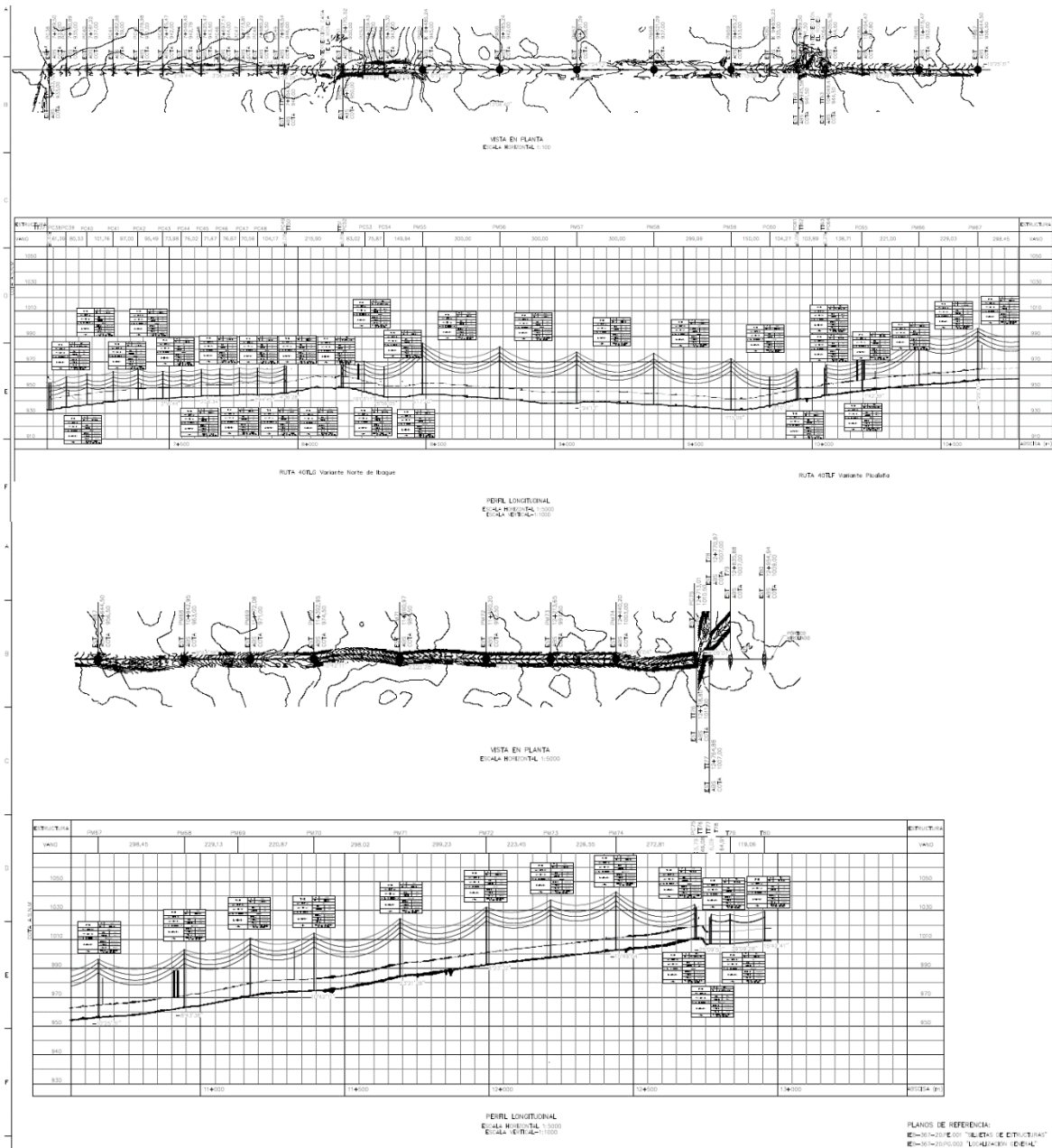
Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.62. Esquema del Plano Planta Perfil Línea de Transmisión 230kV





Ibagué y Piedras (Tolima)



Fuente: IEB-365-21-P.002(0) Plano Planta Perfil - HMV Ingenieros Ltda. (2021).

En la Tabla 3-59, se presentan los parámetros generales del sistema de conexión 230kV

**Tabla 3-59 Características del sistema**

Parámetro	Valor
Tensión nominal del sistema	230 kV
Tensión máxima de operación	245 kV <sup>(*)</sup>
Frecuencia Asignada	60 Hz
Número de circuitos	1
Sub-conductores por fase	1
Cable conductor	Aéreo: ACAR 800 kcmil 18/19 Subterráneo: cable aislado en XLPE de 630 mm <sup>2</sup>
Cable de guarda	OPGW N° 4 de 48 fibras con una capacidad de 60 kA <sup>2</sup> s y el cable Alumoweld 7 N°8
Ancho zona de servidumbre	32 m <sup>(*)</sup>
Tipo de línea y estructuras	Mixta: Aérea con torres auto soportadas y Subterránea
Tipo de bahía de conexión en la Subestación Miro lindo	Convencional aislada en aire

**Notas:**

<sup>(\*)</sup> Valor acorde con la norma IEC 60071-1.

<sup>(\*)</sup> Valor tomado del artículo 22.2 "ZONAS DE SERVIDUMBRE" del RETIE (MINMINAS, 2018).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

En la Figura 3.63 se evidencia el esquema del diagrama Unifilar para la Bahía de Conexión 230 kV en la Subestación Miro lindo, el cual se puede detallar con su diagrama de control, protección y medida en el Anexo C.10, cuyas características se especifican en la Tabla 3-62.

Ibagué y Piedras (Tolima)

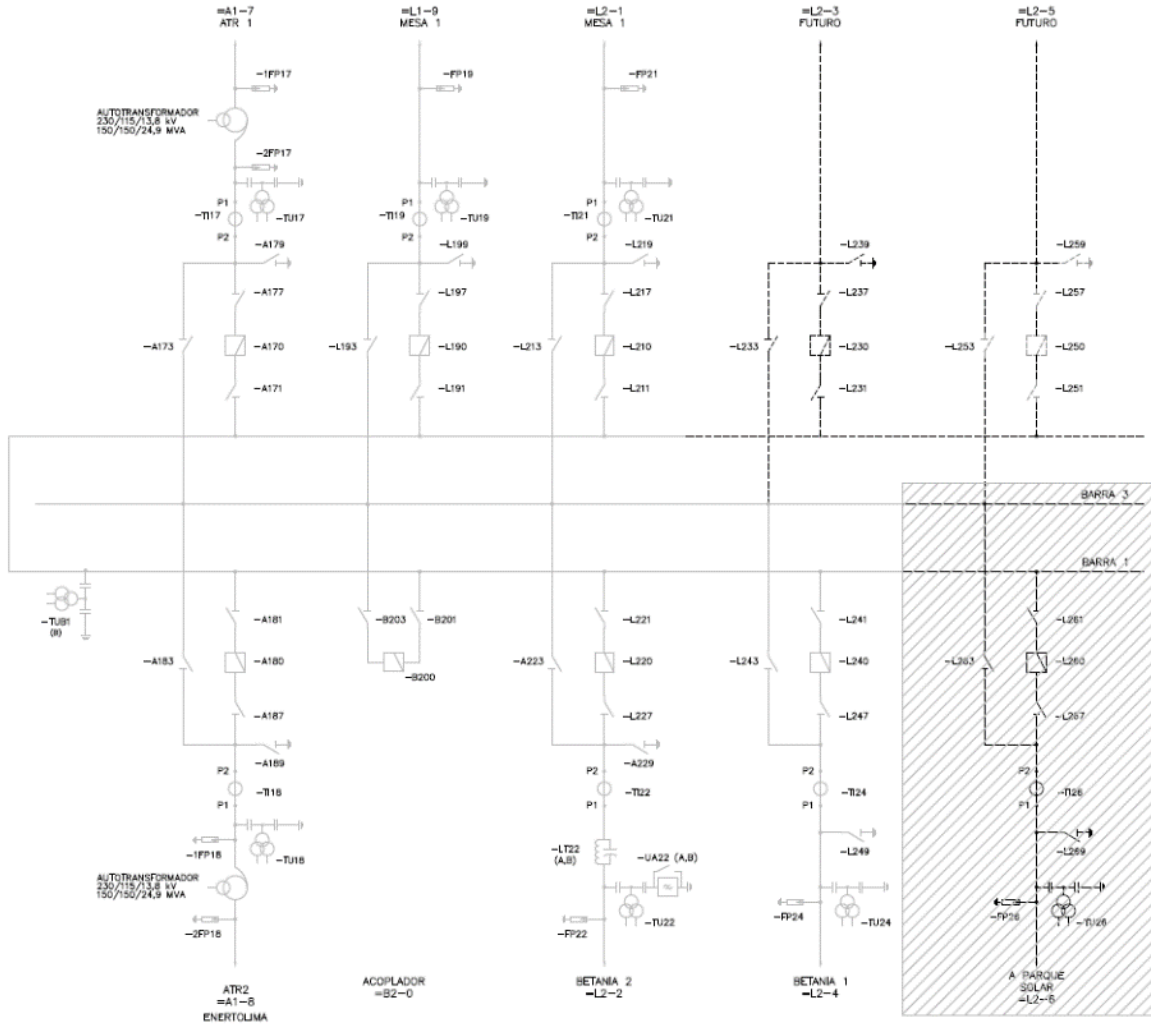


Figura 3.63. Esquema de Operación- Diagrama Unifilar Bahía de Conexión 230kV en Subestación Mirolindo

Fuente: 3447-01-22-EL-DW-001-V0 Diagrama unifilar general HMV Ingenieros Ltda. (2021).

En la Tabla 3-60 se presenta la relación de la infraestructura necesaria en la etapa constructiva relacionadas con la Línea de Transmisión y Bahía de Conexión.

**Tabla 3-60 Cantidad de estructuras**

Tipo de estructura	Cantidad	Observaciones
<b>Total Estructuras de Soporte</b>	80	Localizadas en una longitud de 13.095 km
<b>Postes Metálicos</b>	14	Localizados sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y la Variante Picalaña 40TLF
<b>Postes en Concreto</b>	20	Localizados sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y la Variante Picalaña 40TLF
<b>Torrecillas</b>	8	Localizadas al inicio y fin de cada tramo subterráneo
<b>Torres Care Gato</b>	38	Localizadas en la Zona Rural
<b>Tramo Subterráneo mediante Zanjas</b>	1	Localizado en zona urbana
<b>Tramos Subterráneos mediante Perforación Horizontal Dirigida (PHD)</b>	5	Localizados en zona urbana
<b>Cimentaciones tipo zapata, pila y pilotes para la Línea de Transmisión</b>	80	Localizadas en una longitud de 13.095 km
<b>Bahía de Conexión 230kV en Subestación Mirolindo</b>	1	Ampliación de la Subestación Mirolindo, donde se dispondrán los equipos y estructuras necesarias para la conexión de la energía generada con el STN
<b>Nueva Caseta de control</b>	1	Requerida para la Bahía de Conexión 230 kV
<b>Cerramiento del Lote</b>	1	Requerido para la Bahía de Conexión 230 kV
<b>Malla de Puesta a Tierra para Bahía de Conexión</b>	1	Conductor mínimo a utilizar en la malla, será calibre 4/0 AWG (107 mm <sup>2</sup> ) y colas de conexión de equipos principales; las colas de conexión a equipos menores será con cable 2/0 AWG (70 mm <sup>2</sup> ). Profundidad de enterramiento mínimo de la malla 0,5 m.
<b>Cimentación para Interruptor, Seccionadores y Cuchillas de Puesta a Tierra</b>	12	Requerida para la Bahía de Conexión 230 kV

Tipo de estructura	Cantidad	Observaciones
<b>Cimentación para transformadores de Corriente y de Tensión, y descargador de sobre tensión</b>	9	Requerido para la Bahía de Conexión 230 kV
<b>Apantallamiento Pararrayos</b>	7	Requerido para la Bahía de Conexión 230 kV
<b>Cuarto de Baterías</b>	1	Requerido para la Bahía de Conexión 230 kV
<b>Cimentación y Columnas de pórticos</b>	6	Requerido para la Bahía de Conexión 230 kV
<b>Cimentación y Postes de iluminación</b>	11	Requerido para la Bahía de Conexión 230 kV

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y HVM Ingenieros Ltda. (2021).

#### 3.2.4.1.3.1 Bahía de Conexión 230 kV

La subestación Mirolindo cuenta con varios niveles de tensión, entre las cuales una de ellas corresponde a 230 kV, por lo cual el nivel de tensión definido para la conexión del Parque Solar es en 230 kV. Esta subestación existente es del tipo convencional aislada en aire y cuenta con dos bahías de transformación, una bahía de acople, 4 bahías de línea y tres potenciales bahías futuras, una de ellas ocupada por la ampliación de la Bahía de Conexión 230kV para el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La , el detalle de esta configuración puede apreciarse en el diagrama unifilar general 3447-01-22-EL-DW-001 ubicado en el Anexo C.10.

Las actividades requeridas para la ampliación fueron consideradas buscando el menor impacto posible sobre la infraestructura existente de ISA – Intercolombia en la subestación y garantizando el cumplimiento de los requisitos Normativos y Reglamentarios de Colombia para este tipo de Proyectos. De forma general y por solicitud de ISA – Intercolombia se tuvo en cuenta en el desarrollo de la ingeniería conceptual los manuales estandarizados de ISA tanto para ingeniería primaria como para ingeniería secundaria. Adicionalmente, y gracias al apoyo del personal del CTE

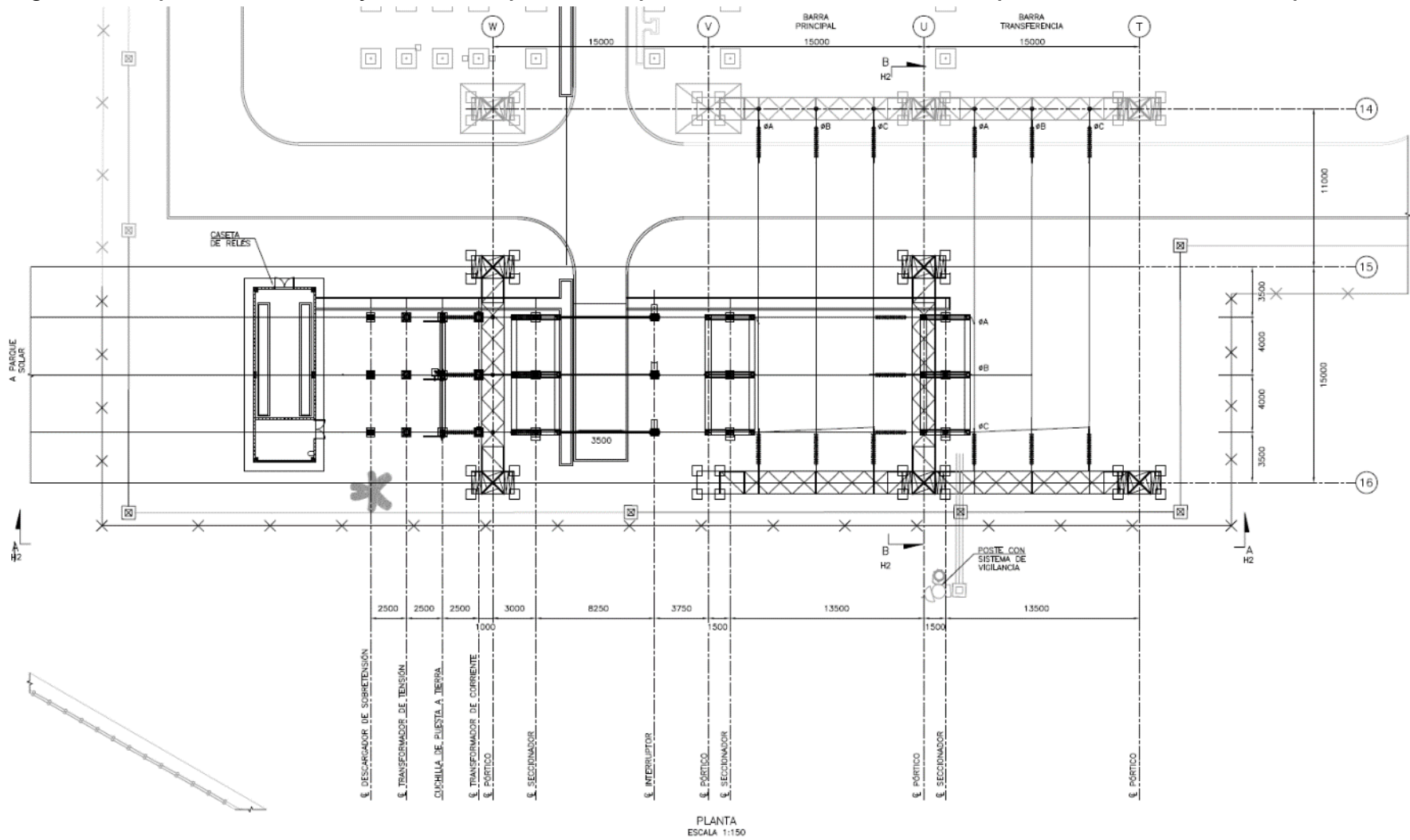
suroccidente, se contó con la información existente de la subestación de forma que para el desarrollo de planos y CAPEX se tuvieran las menores incertidumbres posibles.

Para la implantación de la ampliación de la subestación Mirolindo 230kV para la Bahía de Conexión del Parque Solar, se considera el suministro e instalación de equipos de alta tensión, la instalación de nuevos pórtico; buscando la menor interacción posible con vigas y columnas de pórticos existentes, la construcción de una nueva caseta de control donde se instalarán todos los tableros de servicios auxiliares, del sistema de control y protección, automatización, comunicaciones y telecomunicaciones. En esta caseta se deberá instalar también un sistema de banco de baterías y su respectivo cargador.

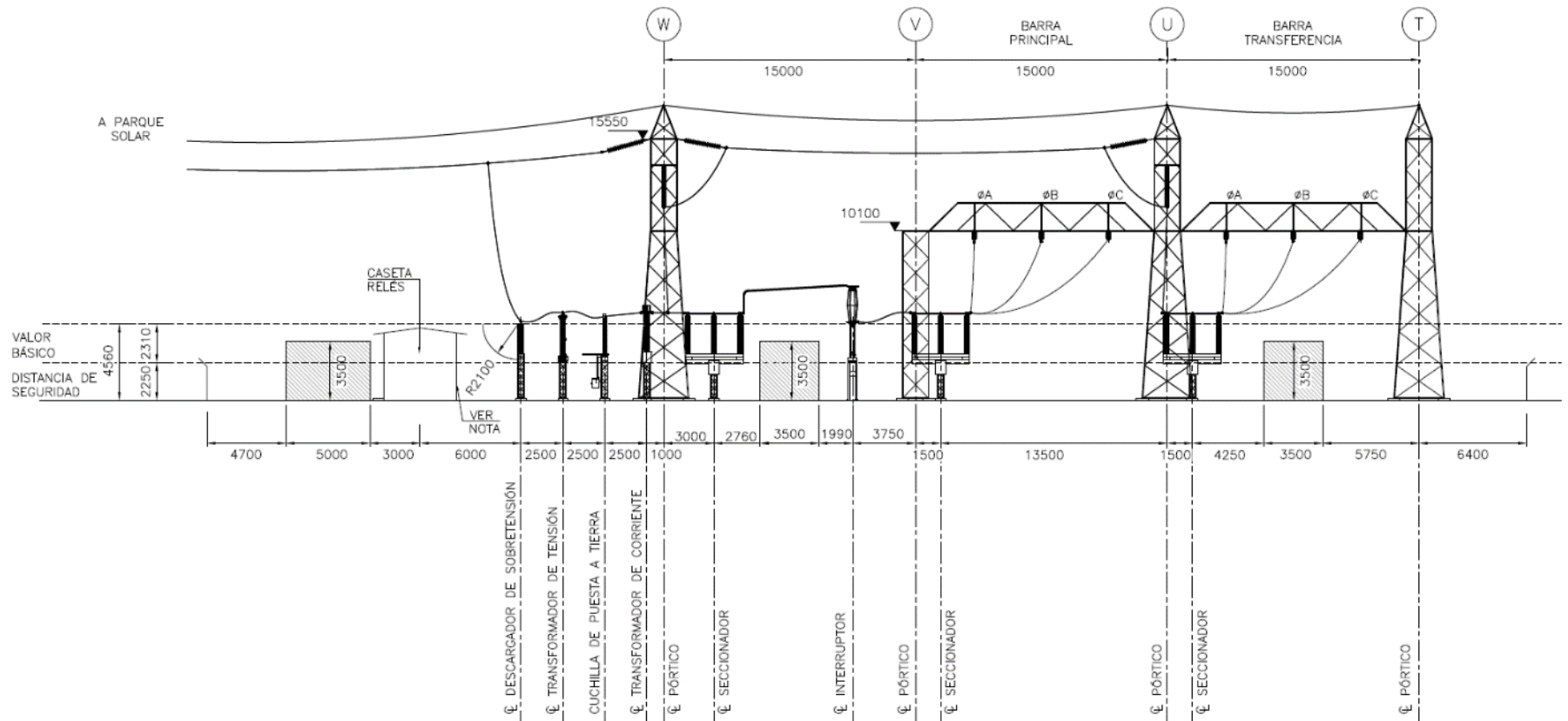
Adicionalmente, se deberán adecuar algunos espacios internos de la subestación. Estas obras podrán encontrarse en el plano de disposición física 3447-01-23-EL-DW-002 ubicado en el Anexo C.4.2 y en la siguiente figura se presenta una planta con las principales obras.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.64. Disposición Física Planta y Corte de la Implantación ampliación subestación Mirolindo 230 kV para Bahía de Conexión del Parque Solar



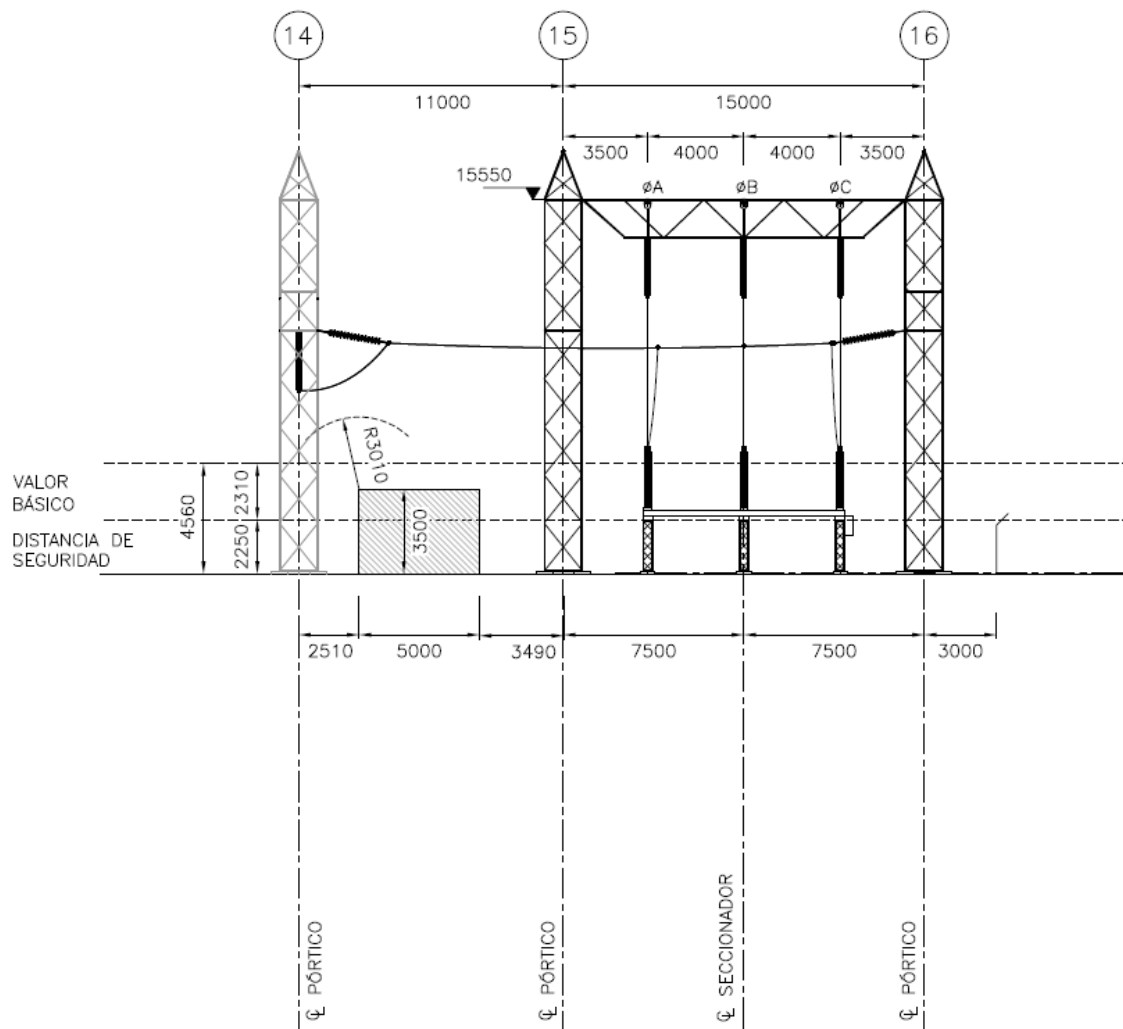
Ibagué y Piedras (Tolima)



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:200



Ibagué y Piedras (Tolima)



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1:200

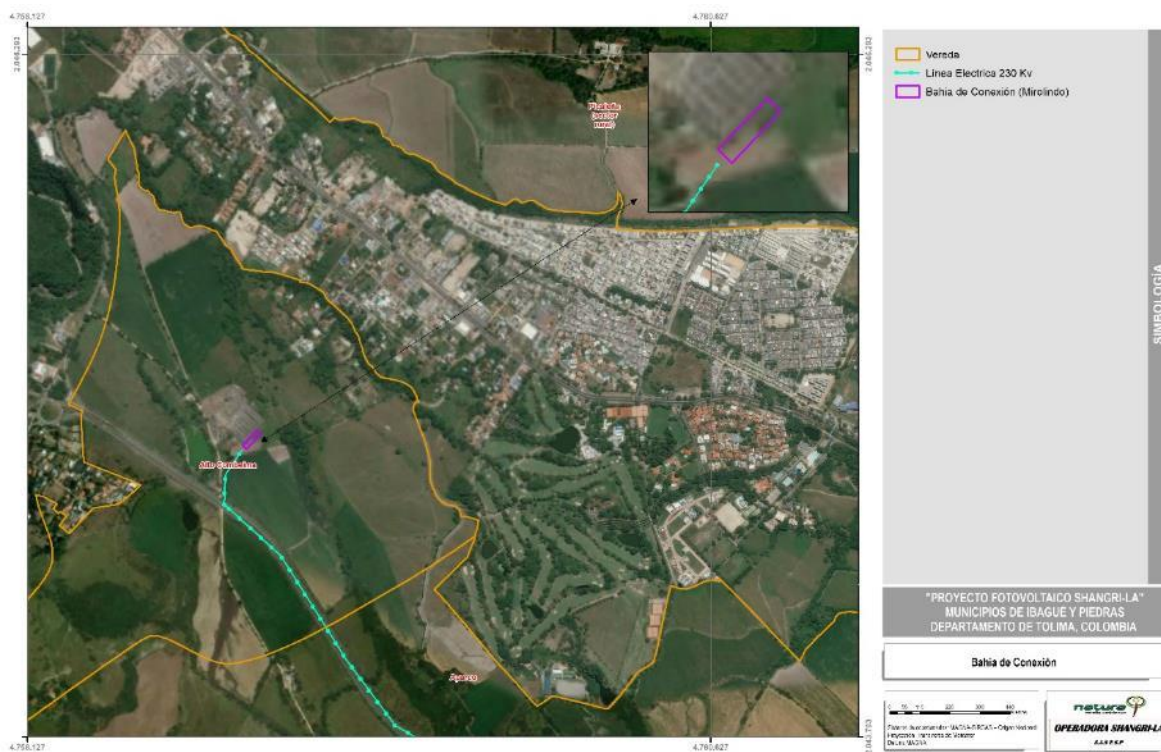
Fuente: HMV Ingenieros Ltda. (2021).

La Bahía de conexión 230kV se localiza en la Vereda Alto Combeima del Municipio Ibagué, ocupando un área de 0,148 ha dentro del predio de la existente Subestación Mirolindo y adyacente a esta en las coordenadas presentadas a continuación en la Tabla 3.61 y se puede detallar su georreferenciación o localización en la Figura 3.65.

**Tabla 3.61. Coordenadas de Localización de la Bahía de Conexión 230 kV**

ID Vértices	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4758936,33	2044854,65
2	4758929,46	2044847,39
3	4758920,24	2044856,15
4	4758916,93	2044859,29
5	4758914,55	2044861,56
6	4758921,72	2044868,9
7	4758966,32	2044914,61
8	4758980,45	2044901,22

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).



**Figura 3.65. Localización de la Bahía de Conexión 230 kV**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Seguidamente en la Tabla 3-62 se presentan las características eléctricas de la Bahía de Conexión 230 kV para el Parque Solar.

Tabla 3-62 Características de la Bahía de Conexión 230 kV

Características eléctricas del sistema	UNIDAD	230 kV
a. Tensión de operación del sistema	kV	230 kV
b. Tensión máxima de operación	kV	245 kV
c. Frecuencia asignada	Hz	60
d. Nivel de aislamiento:		
- Tensión asignada soportada al impulso tipo rayo (Up) a la altura de la instalación	kVp	1050
- Tensión soportada asignada al impulso tipo maniobra (Us), a la altura de la instalación	kVp	No aplica
- Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial, a la altura de la instalación	kV	460
e. Puesta a tierra (sólido/a través de alta impedancia/aislado)	Tipo	Sólido
f. Corriente de corta duración admisible asignada		
- Para especificación de equipos	kA	40
g. Máxima duración admisible del cortocircuito		
- Para especificación de equipos	s	1
- Para diseño de la instalación (protección de respaldo)	ms	500
h. Distancia de fuga mínima	mm/kV <sub>f</sub>	25
i. Campo eléctrico máximo a 1 m sobre el nivel de piso	kV/m	8,3
j. Identificación de fases		A, B, C

Fuente: HVM Ingenieros Ltda. (2021).

La bahía de conexión 230 kV para su funcionamiento adecuado deberá contar con los equipos presentados a continuación en la Tabla 3-63 junto a sus respectivas características.

**Tabla 3-63 Especificaciones Técnicas de Equipos de la Bahía de Conexión 230 kV**

Interruptores	230 kV
a. Normas técnicas	• IEC 62271-100: "High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating current circuit-breakers".
b. Características:	
• Medio de extinción	SF6
• Tipo de instalación	Exterior
• Tensión asignada, Ur	245 kV
• Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (*)	460 kV
• Tensión asignada soportada al impulso tipo rayo (*)	1050 kV
• Corriente asignada en servicio continuo	2500 A
• Corriente de corta duración admisible asignada	40 kA
• Duración del corto circuito	1 s
• Tiempo de apertura	< 50 ms
• Línea de fuga mínima	25 mm/kV
• Factor de primer polo	1,5
• Clasificación de la resistencia mecánica	M2
• Secuencias de maniobras asignada	O – 0,3s -CO-3 min-CO
Seccionadores y Cuchillas de Puesta a Tierra	230 kV
a. Normas técnicas	• IEC 62271-102: "High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches".
b. Características:	
• Tipo	Rotación central
• Tensión asignada, Ur	245 kV

• Tensión asignada soportada a frecuencia industrial a tierra y entre polos (*)	460 kV
• Tensión asignada soportada a frecuencia industrial a través de la distancia de seccionamiento (*)	530 kV
• Tensión asignada soportada al impulso tipo rayo a tierra y entre polos (*)	1050 kV
• Tensión asignada soportada al impulso tipo rayo a través de la distancia de seccionamiento	1200 kV
• Corriente asignada en servicio continuo	2500 A
• Corriente de corta duración admisible asignada	40 kA
• Duración del corto circuito	1 s
<b>Transformadores de corriente</b>	<b>230 kV</b>
a. Normas técnicas	IEC 61869-2 ed1: "Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers"
b. Características:	
• Tensión máxima del material	245 kV
• Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (*)	460 kV
• Tensión asignada soportada al impulso tipo rayo (*)	1050 kV
• Corriente primaria asignada	2500 A
• Corriente secundaria asignada	1 A
• Corriente de corta duración térmica asignada	40 kA
• Duración del cortocircuito asignada	1 s
• Cantidad de núcleos de medida	2
• Cantidad de núcleos de protección	4
(*) La selección final del burden o carga de precisión debe tener todas las consideraciones asociadas con el código de medida 038 de 2014.	
<b>Transformadores de tensión</b>	<b>230 kV</b>

a. Normas técnicas	• IEC 61869-5 ed1.0 "Instrument transformers - Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers"
b. Características:	
• Tensión máxima del material	245 kV
• Tensión asignada soportada a frecuencia industrial	460 kV
• Tensión asignada soportada al impulso tipo rayo	1050 kV
• Tensión primaria asignada	230/ √ (3) kV
• Tensión secundaria asignada	110/ √ (3) V
• Cantidad de devanados	3
<b>Descargadores de sobretensiones</b>	<b>230 kV</b>
a. Normas técnicas	• IEC 60099-4 ed2.1: "Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems".
b. Características de los descargadores	
• Tensión asignada, Ur	230 kV
c. Corriente asignada del dispositivo de alivio de presión	40 kA
d. Línea de fuga mínima	25 mm/kV

Fuente: HVM Ingenieros Ltda. (2021).

En el Anexo C.4 se puede detallar la ingeniería Conceptual de la Bahía de Conexión 230 kV.

#### 3.2.4.1.3.1.1 Adecuaciones del Terreno en Bahía de Conexión

Seguidamente se describe las adecuaciones del terreno a realizar para la construcción de la Bahía de Conexión

#### ➤ **Desmante**

En este punto, inician las labores de adecuación del terreno. La actividad de desmante y limpieza en las áreas proyectadas de construcción corresponde a las labores de tala y

retiro de árboles si hay lugar, la remoción de arbustos, rastrojo, maleza y pastos, incluyendo la remoción de raíces previo a la adecuación geotécnica del terreno. Esta actividad corresponde a la remoción de la capa superficial del lote a una profundidad aproximada de 20-30 cm, con la finalidad de tener el terreno limpio y facilitar las labores constructivas.

➤ **Nivelación y Adecuación del terreno:**

En la bahía de conexión 230kV, en los sitios que requiera se nivelará el terreno para posteriormente disponer una capa de grava de 10 cm como acabado final de patio. La adecuación final del terreno será la base para el manejo de las aguas lluvias, las cuales están indicadas en el Anexo C.4.2 plano 3447-01-23-EL-DW-004-V0 Trayectoria de cárcamos, ductos y bandejas. Se tendrán en cuenta pendientes mínimas de 0.5% en la zona del patio y para las vías internas como mínimo 0.5% de pendiente longitudinal y 2% de pendiente transversal. Para el área dispuesta para la nueva bahía de conexión 230kV, se prevé una adecuación del terreno a un solo nivel que será denominado Nivel Nv.  $\pm 0.00$ , el cual será determinado por el estudio de suelos basado en el estudio de potencial de inundabilidad para definir una plataforma que garantice que la bahía no se vea afectada por este fenómeno.

A continuación, se relacionan las cantidades de materiales, para la adecuación de las áreas destinadas de la bahía de conexión 230kV.

**Tabla 3-64. Cantidades aproximadas para la construcción de la bahía de conexión 230kV**

Tipo de estructura	Actividad	Unidad	Cantidad
<b>Bahía de Conexión 230 kV/STN Subestación Mirolindo</b>	Corte	m <sup>3</sup>	200
	Rellenos en material seleccionado	m <sup>3</sup>	1285
	Descapote	m <sup>3</sup>	625
	Área de plataforma	m <sup>2</sup>	1483,5

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y HMV Ingenieros Ltda. (2021).

En la Tabla 3.61 se presentan las coordenadas de ubicación para las actividades de adecuación en la Bahía de Conexión 230 kV, representadas en la siguiente ilustración.

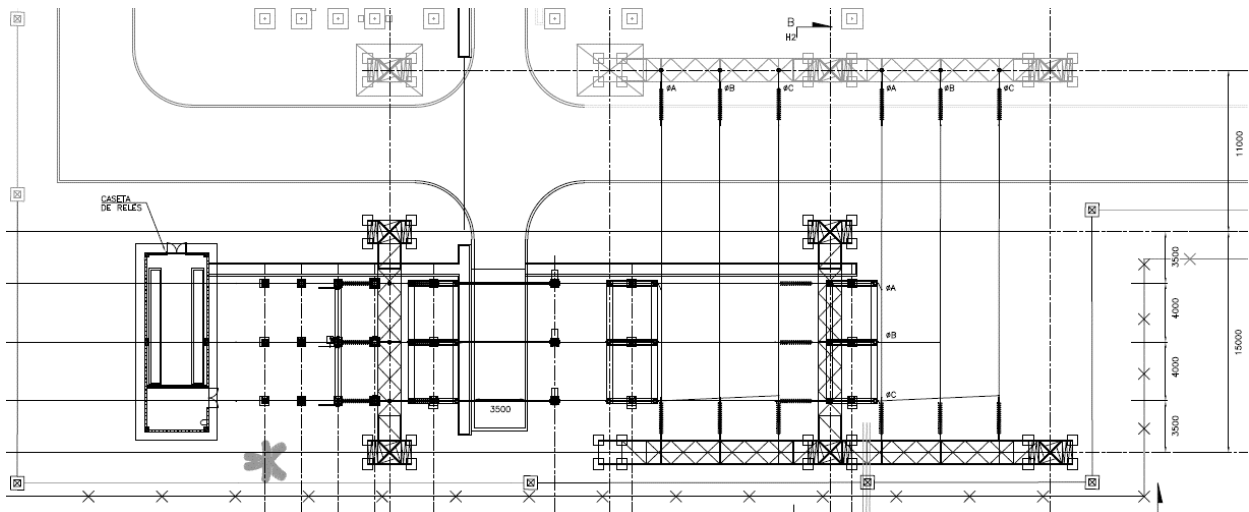


Figura 3.66. Área adecuación de la Bahía de Conexión 230 kV

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes - HMV Ingenieros Ltda. (2021).

### ➤ Acabado de patio

El acabado se instalará únicamente en la Bahía de Conexión 230 kV, se realizará en grava proveniente de una fuente certificada. El espesor de la capa de acabado de patio será mínimo de 10 cm. La gradación del material para el acabado de patio debe estar dentro de 3/4" y 2".

Tabla 3-65. Cantidades aproximadas para el acabado de patio de la Bahía de Conexión 230 kV

Tipo de estructura	Actividad	Unidad	Cantidad unitaria
Actividades de Patio	Instalación grava costado Occidental (E=0,10m)	m <sup>2</sup>	730
	Bordillo 0,15x0,20x1,0m Costado occidental	ml	65

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y HMV Ingenieros Ltda. (2021).



3.2.4.1.3.1.2 *Cimentación, compactación y relleno en bahía de conexión*

- **Explanación y excavación:** La explanación comprende obras de remodelación del terreno natural posterior al desmote y descapote para conseguir la geometría prevista y definida en los planos del Proyecto.

- **Relleno y compactación:** El relleno consiste en la colocación y compactación de los materiales para los bancos de ductos, la nivelación de los mismos con materiales provenientes de la misma excavación siempre y cuando los mismos no se encuentran contaminados, o de otras fuentes de materiales autorizados, para llenar los espacios sobrantes del suelo y cumplir los requerimientos técnicos establecidos.

Seguidamente en la siguiente tabla se presentan las cantidades aproximadas de excavación y relleno para cada tipo de estructura.

**Tabla 3-66. Cantidades aproximadas de excavación y relleno para obras civiles en la Bahía de Conexión 230 kV**

Tipo de Estructura	Actividad	Unidad	Cantidad Unitaria
Caseta de Control	Excavación	m <sup>3</sup>	50
	Rellenos en material seleccionado	m <sup>3</sup>	35,3
Cimentación de Interruptor, Seccionadores y Cuchillas de Puesta a Tierra	Excavación	m <sup>3</sup>	24
	Rellenos en material seleccionado	m <sup>3</sup>	13
Cimentación para para transformadores de Corriente y de Tensión, y descargador de sobre tensión	Excavación	m <sup>3</sup>	18
	Rellenos en material seleccionado	m <sup>3</sup>	11
Cimentaciones Para Pórticos	Excavación	m <sup>3</sup>	12
	Rellenos en material seleccionado	m <sup>3</sup>	8
Cerramiento	Excavación (metrolínea)	m <sup>3</sup>	0,16
Postes de Iluminación	Excavación	m <sup>3</sup>	5

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y HMV Ingenieros Ltda. (2021).

- **Placa de cimentación:** La cimentación está constituida generalmente por elementos que transmiten las cargas y peso de la base de la caseta de Control y cuarto de baterías, a un estrato del suelo con la capacidad portante adecuada.

- **Diseño de cimentaciones de pórticos y soportes de equipos:** Se definirán preferiblemente cimentaciones superficiales tipo pilotes, pila o zapatas con pedestales, según las recomendaciones del estudio de suelos, así como el diseño de estas. En general las cimentaciones se dimensionarán para resistir el volcamiento inducido por cargas de trabajo con un factor de seguridad mínimo de 1.50 para condiciones permanentes y no permanentes de carga, entendiéndose por cargas permanentes el peso propio y tiro; y cargas no permanentes las cargas de sismo, viento y corto circuito. Las cimentaciones se dimensionarán para garantizar que los esfuerzos transmitidos al suelo con base en las reacciones de trabajo, y teniendo en cuenta tanto el efecto de las cargas verticales como de las cargas horizontales, no sobrepasen el valor de la capacidad portante admisible ni los asentamientos según estudio de suelos. Todo el diseño estructural de las cimentaciones se hará basado en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Los asentamientos totales podrán ser de máximo 2.5 cm (1 Pulgada) y los asentamientos diferenciales que se presenten deben ser menores a 2 cm en cimentaciones para pórticos y de 1 cm en cimentaciones para equipos. El nivel de acabado de la cimentación deberá estar como mínimo 10 cm por encima del nivel de acabado de grava del patio. Para los pórticos y soportes de los equipos se dispondrá posterior a su instalación, una capa de 10 cm de concreto fluido en segunda etapa con una resistencia mínima  $f'c = 21$  MPa (3000 psi). Este concreto de segunda.

**Cimentación caseta de control:** Se definirá preferiblemente cimentaciones superficiales tipo zapatas con pedestales y vigas de amarre, siempre y cuando las recomendaciones del estudio de suelos lo permitan. Se diseñarán para cumplir satisfactoriamente con las condiciones de estabilidad, de deformación y capacidad portante del suelo, las cuales serán compatibles con las estructuras y rellenos que soportarán y deberán ser lo

suficientemente rígidas para minimizar los asentamientos diferenciales. La placa de contrapiso será en concreto reforzado, tendrá un espesor mínimo de 15 cm y estará apoyada sobre una capa de sub-base granular uniforme y de compactación controlada del espesor que recomiende el estudio de suelos.

### 3.2.4.1.3.1.3 Construcción de obras civiles en bahía de conexión.

**Vía Interna de bahía de conexión:** Antes de iniciar los trabajos de ejecución para la bahía, se deben realizar actividades fundamentales para la adecuación del terreno, tales como: retiro y disposición final de arbolado y material vegetal superficial de acuerdo a las normativas vigentes ya que su permanencia afectaría la ejecución de obras civiles, adecuación total del área a intervenir mediante la extracción de volúmenes de tierra y elevación de las cotas del perfil natural del terreno por medio de material seleccionado.

Para desplazarse al interior de la bahía se ha realizado un diseño en donde se incluye la vía para el acceso vehicular, la cual se realizará mediante pavimento tipo afirmado para, con un ancho de calzada mínimo de 3.5 m. La metodología de diseño será el método de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93).

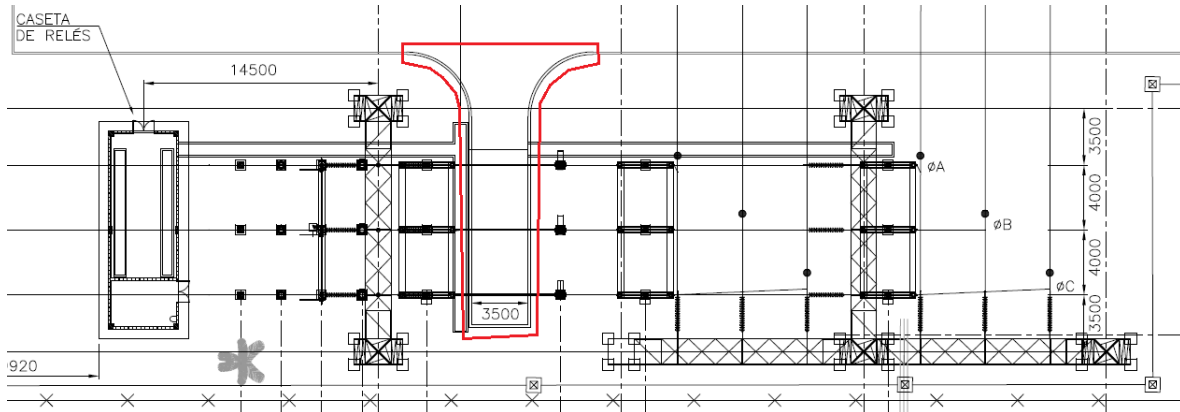
Adicionalmente, en la Tabla 3-67 se presentan las coordenadas del eje de la vía interna de la bahía de conexión 230 kV a construir relacionada con los vértices o puntos mostrados en la ilustración anterior, junto con la longitud y el área a ocupar.

**Tabla 3-67. Coordenadas y Longitudes del eje de las vías internas de la bahía de conexión 230kV**

ID Vías de acceso a Construir	Longitud de vía a construir (metros m)	Ancho de vía a construir (m)	Área de vía a construir (m <sup>2</sup> )	Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional CTM-12	
					Este	Norte
V-Int_BC	17 m	3,5 m	72,19	1	4758949,47	2044874,35
				2	4758937,13	2044886,05

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes - HMV Ingenieros Ltda. (2021).

A continuación, se ilustra el plano de la disposición física de la Bahía de Conexión 230 kV donde se resalta dentro del polígono rojo la vía interna, el cual se puede detallar en el Anexo C.4.2 plano 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes.



**Figura 3.67. Trazado de vías de acceso e internas de la bahía de conexión 230kV**

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes - HMV Ingenieros Ltda. (2021).

En la Tabla 3-68, se presentan las coordenadas de los vértices del polígono de la vía interna de la Bahía de Conexión 230 kV a construir, según el plano 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes, el cual puede ser detallado en el Anexo C.4.2.

**Tabla 3-68. Coordenadas de vértices polígono vía interna de la Bahía de Conexión 230 kV**

Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional		Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional		Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
1	4758941,09	2044890,23	36	4758940,35	2044886,23	71	4758936,84	2044882,90
2	4758941,20	2044890,13	37	4758940,40	2044886,11	72	4758936,71	2044882,92
3	4758941,11	2044890,03	38	4758940,44	2044885,98	73	4758936,58	2044882,94
4	4758941,11	2044890,02	39	4758940,50	2044885,86	74	4758936,45	2044882,96
5	4758941,03	2044889,92	40	4758940,56	2044885,73	75	4758936,31	2044882,97
6	4758940,94	2044889,82	41	4758940,62	2044885,62	76	4758936,18	2044882,97
7	4758940,86	2044889,71	42	4758940,69	2044885,50	77	4758936,04	2044882,97
8	4758940,78	2044889,6	43	4758940,76	2044885,38	78	4758935,91	2044882,97

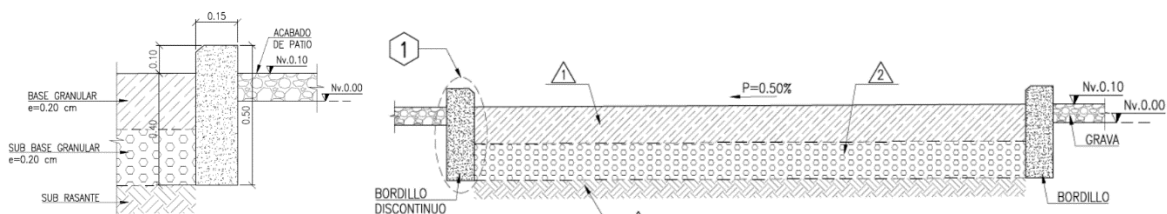
Ibagué y Piedras (Tolima)

Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional		Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional		Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
9	4758940,71	2044889,48	44	4758940,83	2044885,27	79	4758935,78	2044882,96
10	4758940,64	2044889,37	45	4758940,91	2044885,16	80	4758935,64	2044882,95
11	4758940,58	2044889,25	46	4758940,99	2044885,05	81	4758935,51	2044882,93
12	4758940,52	2044889,13	47	4758941,08	2044884,95	82	4758935,40	2044882,91
13	4758940,46	2044889,00	48	4758941,17	2044884,85	83	4758935,25	2044882,88
14	4758940,41	2044888,88	49	4758941,26	2044884,75	84	4758935,11	2044882,85
15	4758940,37	2044888,75	50	4758941,33	2044884,68	85	4758934,99	2044882,82
16	4758940,32	2044888,62	51	4758941,34	2044884,68	86	4758934,86	2044882,78
17	4758940,29	2044888,50	52	4758950,78	2044875,73	87	4758934,73	2044882,73
18	4758940,25	2044888,36	53	4758948,16	2044872,97	88	4758934,61	2044882,68
19	4758940,22	2044888,23	54	4758938,72	2044881,92	89	4758934,48	2044882,63
20	4758940,2	2044888,10	55	4758938,72	2044881,92	90	4758934,36	2044882,57
21	4758940,18	2044887,97	56	4758938,63	2044882,01	91	4758934,24	2044882,51
22	4758940,16	2044887,83	57	4758938,52	2044882,09	92	4758934,02	2044882,38
23	4758940,16	2044887,80	58	4758938,42	2044882,18	93	4758934,01	2044882,37
24	4758940,15	2044887,70	59	4758938,31	2044882,26	94	4758933,90	2044882,30
25	4758940,15	2044887,65	60	4758938,20	2044882,33	95	4758933,79	2044882,22
26	4758940,15	2044887,56	61	4758938,09	2044882,41	96	4758933,68	2044882,14
27	4758940,15	2044887,43	62	4758937,97	2044882,47	97	4758933,58	2044882,06
28	4758940,15	2044887,29	63	4758937,85	2044882,54	98	4758933,48	2044881,97
29	4758940,16	2044887,16	64	4758937,73	2044882,60	99	4758933,38	2044881,87
30	4758940,17	2044887,02	65	4758937,61	2044882,65	100	4758933,29	2044881,78
31	4758940,19	2044886,89	66	4758937,49	2044882,71	101	4758933,28	2044881,77
32	4758940,21	2044886,76	67	4758937,36	2044882,75	102	4758933,17	2044881,87
33	4758940,24	2044886,62	68	4758937,23	2044882,80	103	4758941,09	2044890,23
34	4758940,27	2044886,49	69	4758937,11	2044882,83	71	4758936,84	2044882,90
35	4758940,31	2044886,36	70	4758936,98	2044882,87	72	4758936,71	2044882,92

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes - H MV Ingenieros Ltda. (2021).

Por otro lado, en la Figura 3.68 se presenta un perfil transversales tipo posible para la vía interna de acceso a construir en la bahía.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.68. Corte transversal tipo para la vía interna de la bahía de conexión 230 kV**

Fuente: HVM Ingenieros Ltda. (2021).

Adicionalmente, en la Tabla 3-69, se relacionan los volúmenes de material de excavación y disposición a generar debido a la construcción de la vía interna de la bahía de conexión 230 kV según diseños tipos.

**Tabla 3-69. Volúmenes aproximados de material de excavación para la vía interna de la bahía**

Tipo de estructura	Actividad	Unidad	Cantidad total
Vía interna de la Bahía	Excavación	m <sup>3</sup>	56

Fuente: HVM Ingenieros Ltda. (2021).

Este material de excavación y disposición se utilizará dentro de la bahía para relleno y compactación, adicionalmente se podrá explanar dentro de las áreas del predio de la Subestación Mirolindo, o entregados a terceros autorizados, los cuales son descritos posteriormente en el numeral 3.2.6 junto con el detalle de este de manejo de sobrantes.

En la Tabla 3-70, se relacionan las cantidades de material aproximada requerida para la construcción de la vía interna de acceso a la Bahía de Conexión 230 kV.

**Tabla 3-70. Cantidades aproximadas de material para construcción de la vía interna de la Bahía**

Tipo de estructura	Material y/o actividad	Unidad	Cantidad total
Vía interna Bahía	Base Granular	m <sup>3</sup>	14,6
	Sub-base Granular	m <sup>3</sup>	14,6
	Bordillo	m	38,5

Ibagué y Piedras (Tolima)

Tipo de estructura	Material y/o actividad	Unidad	Cantidad total
	Áreas de vías en pavimento afirmado	m <sup>2</sup>	72,19

Fuente: HVM Ingenieros Ltda. (2021).

- **Cárcamos y cajas de tiro:** Los cárcamos y las cajas de tiro serán estructuras en concreto reforzado con resistencia  $f'c = 21$  MPa (3000psi), conformadas por muros, tapas y fondo, los recubrimientos y cuantías se tendrán en cuenta conforme a lo establecido en el título C del reglamento NSR-10; es decir un recubrimiento mínimo de 75 mm para elementos en contacto directo con el suelo y 50 mm cuando no esté apoyado directamente en el suelo. Con base en lo anterior, se define un espesor mínimo de 125 mm para las paredes y losa de fondo de los cárcamos y cajas de tiro. Las tapas de los cárcamos y las Cajas de Tiro en el patio serán de concreto reforzado con resistencia  $f'c = 21$  MPa (3000 psi) con la geometría correspondiente para cada caso con un acabado en textura uniforme y liso en su cara superior (ya que estará destacadamente a la vista) y de acabado uniforme únicamente en su cara inferior. Tendrán un espesor mínimo de 80 mm, teniendo en cuenta lo establecido en el reglamento NSR-10 para recubrimiento de elementos prefabricados (40 mm). En cuanto a las tapas de cárcamos dentro de la caseta, estas serán en lámina de alfajor 3/16", con 2 capas de pintura anticorrosiva y dos capas de pintura de acabado final reforzado por debajo con ángulos.

Seguidamente en la Figura 3.69 se presenta el plano de los cárcamos y cajas de tiro de la bahía de conexión 230 kV.

Ibagué y Piedras (Tolima)

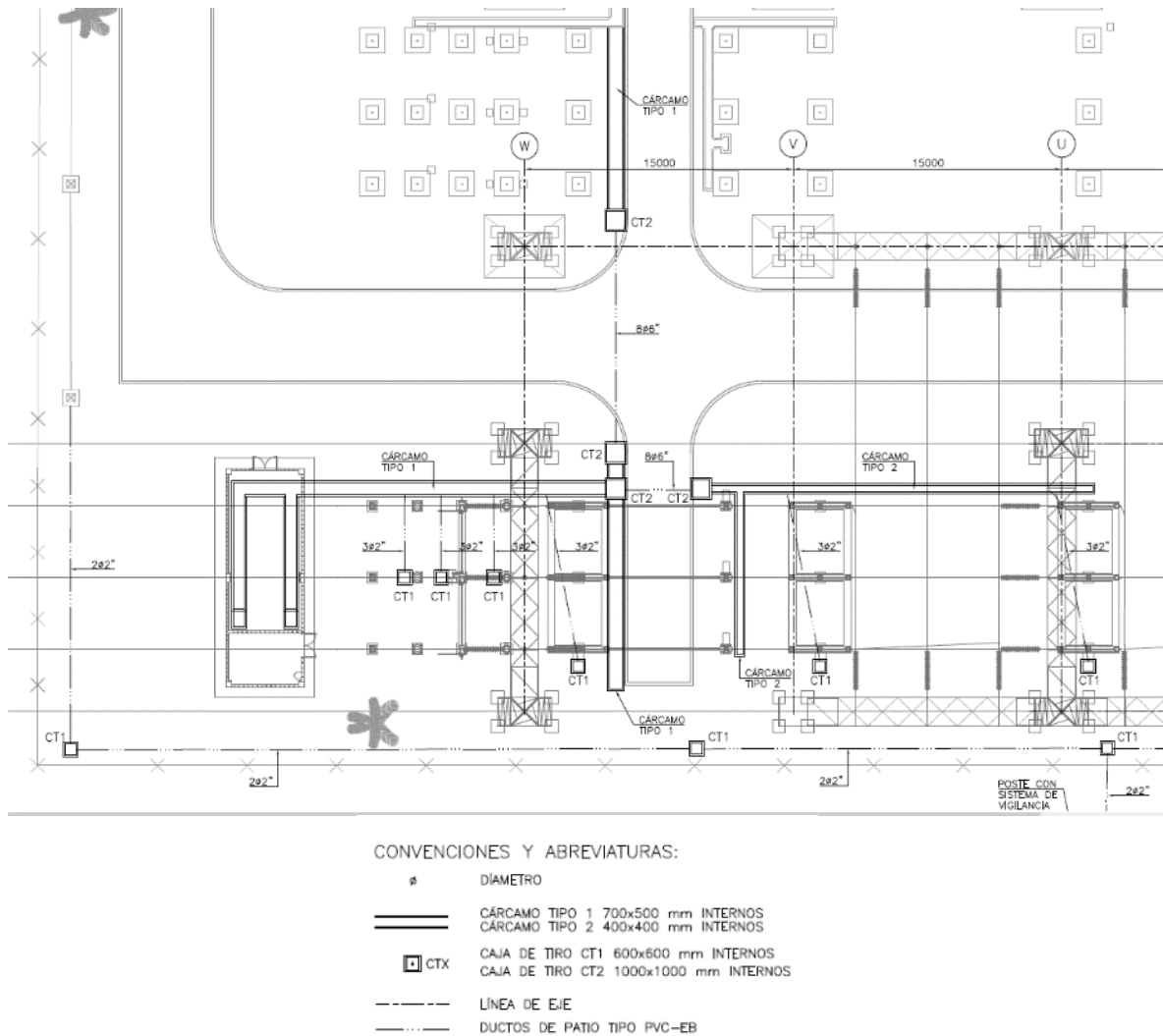


Figura 3.69. Disposición cárcamos y cajas de tiro de la Bahía de Conexión 230 kV

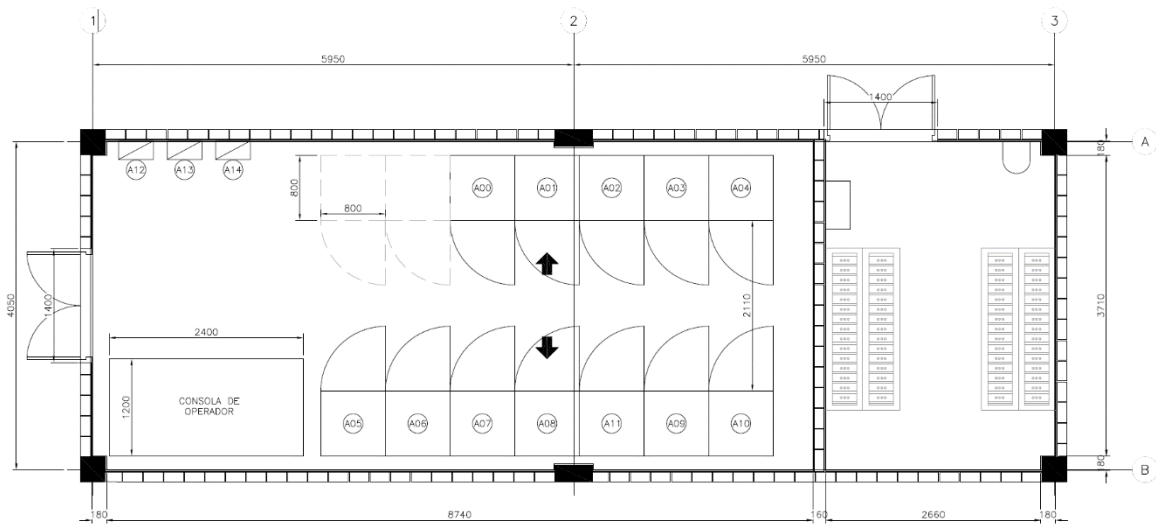
Fuente: 3447-01-23-EL-DW-004-V0 Trayectoria de cárcamos, ductos y bandejas - HVM Ingenieros Ltda. (2021).

- **Diseño de Caseta de control:** Serán estructuras que se podrán construir con láminas prefabricadas, o aporticadas en concreto reforzado y fachadas y divisiones con muros en mampostería de concreto de perforación vertical en toda la altura. La cubierta será una placa de concreto maciza con una pendiente de 2%. El nivel terminado del concreto de la losa de contrapiso deberá estar implantado 10 cm por encima del nivel de terreno adecuado, y tendrá un acabado de piso con un espesor de 5 cm, por lo cual el nivel de acabado de primer piso será 15 cm por encima del nivel de terreno adecuado. Los muros



de fachada y divisorios podrán ser en mampostería de bloque de concreto abuzardado o en material prefabricado e irán en la cara exterior recubiertos con acabado hidrófugo, y revocados, estucados y pintados en las caras interiores.

Seguidamente en la Figura 3.69 se presenta el plano de planta de la caseta de control con la disposición de los gabinetes y cuarto de baterías, la cual ocupa un área aproximada de 48,6 m<sup>2</sup>.



**Figura 3.70. Disposición Caseta de Control de la Bahía de Conexión 230 kV**

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-003-V0 Disposición de gabinetes en caseta - HVM Ingenieros Ltda. (2021).

En la Tabla 3-71 se relacionan las cantidades aproximadas de materiales, para la construcción de la caseta de control para la Bahía de Conexión 230 kV.

**Tabla 3-71. Cantidades aproximadas de material para el diseño de la caseta de control**

Tipo de estructura	Material y/o actividad	Unidad	Cantidad unitaria
<b>CASETA DE CONTROL</b>	Excavación	m <sup>3</sup>	48,6
	Rellenos en material seleccionado	m <sup>3</sup>	35,3
	Concreto fc=21 MPa	m <sup>3</sup>	31,5
	Concreto limpieza fc=14 MPa	m <sup>3</sup>	4,86
	Acero figurado de refuerzo 60000 PSI (incl. malla electro soldada)	kg	2210

Fuente: HVM Ingenieros Ltda. (2021).

En la Tabla 3-72, se muestran las coordenadas de ubicación de la caseta de control.

**Tabla 3-72. Coordenadas vértices caseta de control**

Vértices	Coordenadas Magna Sirgas Origen Único Nacional CTM-12	
	Este	Norte
1	4758932,91	2044855,89
2	4758936,73	2044859,92
3	4758927,00	2044869,14
4	4758923,18	2044865,11

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-003-V0 Disposición de gabinetes en caseta - HVM Ingenieros Ltda. (2021).

- **Diseño de cerramiento:** El cerramiento está compuesto por una malla eslabonada 2" x 2" calibre 10 sobre un antepecho en mampostería de bloque de concreto. La malla estará soportada por tuberías metálicas de 2 pulgadas en vanos máximos de 2.5 m de longitud. El cerramiento se rematará en alambre de púas. La estructura de cimentación para el cerramiento, consiste en una zapata corrida con un ancho de 0.60 m y altura de 0.30 m, y un nivel de desplante de la zapata de 0.50 m medido desde el nivel del terreno.

En la Tabla 3-73, se muestran las coordenadas de ubicación del cerramiento perimetral de la bahía de conexión 230kV:

**Tabla 3-73. Coordenadas cerramiento perimetral**

Punto	Este	Norte
1	4758966,34	2044913,96
2	4758979,79	2044901,22
3	4758929,45	2044848,03
4	4758914,87	2044861,89

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes - HVM Ingenieros Ltda. (2021).

Seguidamente en la Figura 3.71 se presenta un diseño tipo de cerramiento perimetral con malla eslabonada y posteriormente en la Figura 3.72 se presenta el plano con el cerramiento señalado con una línea roja paralela, diseñado para la bahía de conexión 230 kV.

Ibagué y Piedras (Tolima)

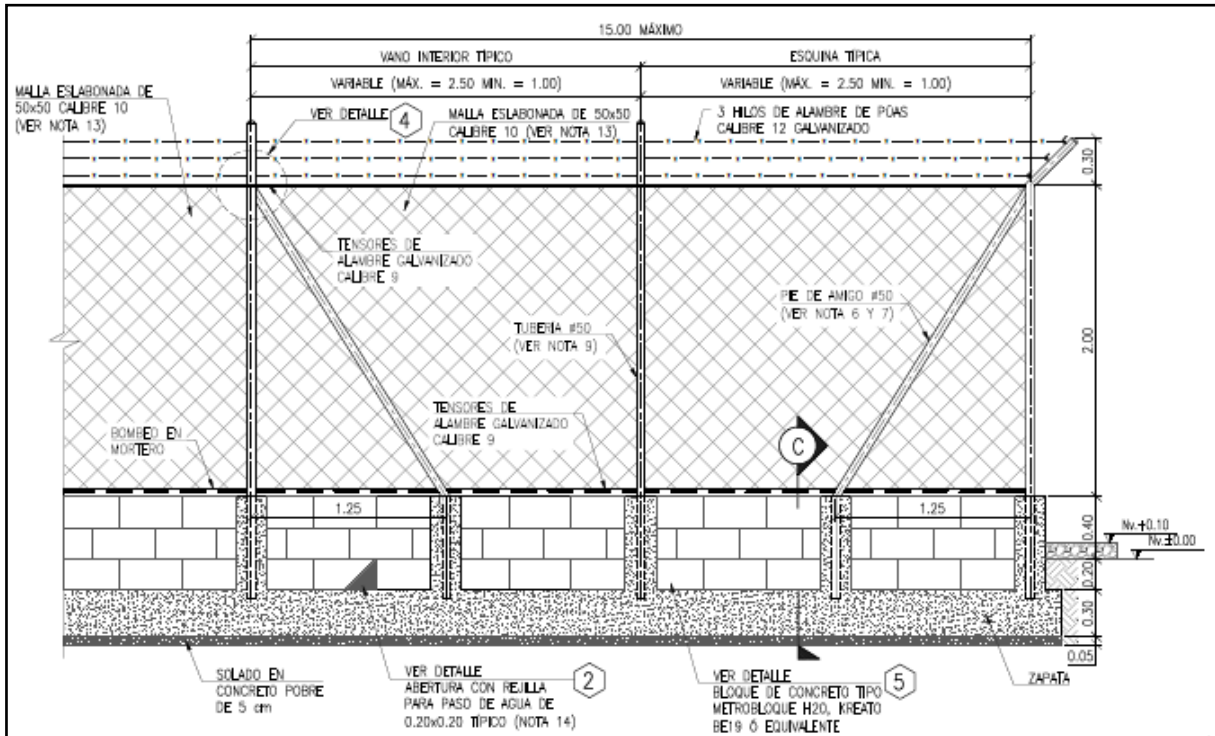


Figura 3.71. Cerramiento perimetral – malla eslabonada

Fuente: HMV Ingenieros Ltda. (2021).

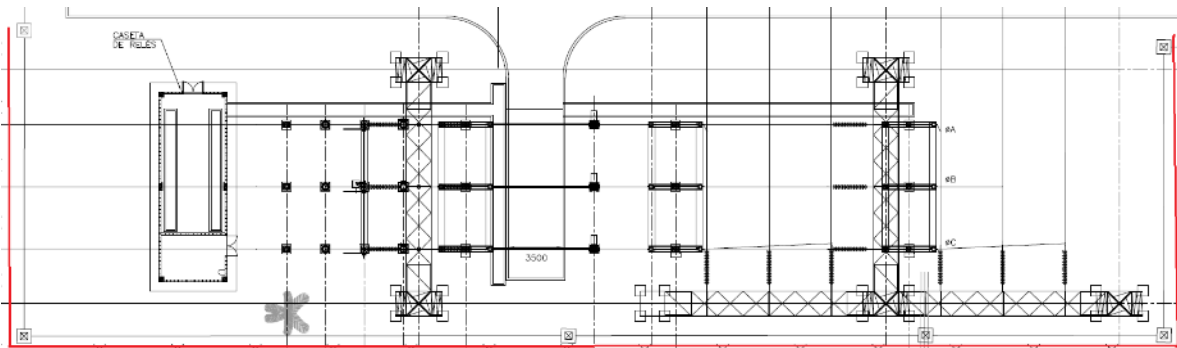


Figura 3.72. Planta cerramiento perimetral

Fuente: 3447-01-23-EL-DW-002-V0 Disposición física - Vista en planta y cortes - HMV Ingenieros Ltda. (2021).

- **Sistema de iluminación:** Este seguirá el mismo diseño y tipo del sistema de iluminación empleado en la Subestación Miroloindo.

### 3.2.4.1.3.2 Conductores de Fases y Cables de Guarda de Línea de Transmisión

En este apartado se presentan las características de los conductores a utilizar para la transmisión de la energía generada en el parque hasta la Bahía de Conexión en la Subestación Mirolindo, tanto para los tramos aéreos como subterráneos, así como los cables de guarda.

#### 3.2.4.1.3.2.1 Conductores de Fases Aéreo

En la Tabla 3-74, se presentan las características del conductor pre-seleccionado luego de la verificación de diversos conductores, para el cual se realizará la validación técnica de acuerdo con los criterios establecidos.

**Tabla 3-74 Características de los conductores de fases aéreos**

Descripción	Unidad	Valor
<b>Tipo</b>		ACAR
<b>Denominación</b>		ACAR 800 kcmil
<b>Calibre</b>	kcmil	800
<b>Número alambres aluminio 1350 - H19</b>		18
<b>Número alambres de aleación de aluminio 6201 T81</b>		19
<b>Diámetro nominal de los alambres aluminio</b>	mm	3,734
<b>Diámetro nominal los alambres de aleación de aluminio 6201 T81</b>	mm	3,734
<b>Diámetro exterior nominal conductor</b>	mm	26,14
<b>Sección</b>	mm <sup>2</sup>	405,17
<b>Resistencia DC del conductor a 20°C</b>	(Ω/km)	0,072
<b>Resistencia AC del conductor a 75°C</b>	(Ω/km)	0,092
<b>Peso unitario nominal</b>	kg/km	1113
<b>Resistencia mínima a la Rotura</b>	kg	9208
<b>Módulo de elasticidad</b>	kgf/mm <sup>2</sup>	6403
<b>Coefficiente de dilatación térmica alambres de aluminio</b>	(1/°C)	23,0E-06

Fuente: IEB-367-20.D.004(0) Memoria de selección de conductor de fase aéreo - HMV Ingenieros Ltda. (2021).

Para los cálculos de capacidad de transporte para los conductores seleccionados se empleó el Software Electrical Power System Design and Simulation Software Paladin Design Base 6.1 - Bare Wire Sizing que emplea la Norma IEEE Std 738 - 2012 "IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors". En la Tabla 3-75 se presentan los parámetros de cálculo:

**Tabla 3-75. Parámetros de cálculo de la capacidad amperica**

Parámetro	unidad	Valor
Altura máxima sobre el nivel del mar	Msnm	1012
Temperatura ambiente máxima promedio	°C	31,97
Temperatura máxima de operación del conductor	°C	340
Coefficiente de emisividad	-	0.5
Coefficiente de absorción solar	-	0.5
Velocidad de viento mínima	m/s (ft/s)	0.61(2) (*1)

**Notas:** (\*1) Valor de acuerdo con las recomendaciones de la norma IEEE 738-2012 Calculating Current Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors.

Fuente: IEB-367-20.D.004(0) Memoria de selección de conductor de fase aéreo - HVM Ingenieros Ltda. (2021).

En la Tabla 3-76 se presentan los resultados de la capacidad de transporte de la Línea de Transmisión para el conductor relacionado en la Tabla 3-74, bajo las consideraciones recién enunciadas:

**Tabla 3-76. Capacidad de transporte conductores pre-seleccionados**

Conductor	Altura máxima (msnm)	Temperatura máxima promedio (°C)	Capacidad de corriente por conductor (A)	Capacidad de transmisión (MVA)
<b>ACAR 800 kcmil 18/19</b>	1012	31,97	782,19	311,60

Fuente: IEB-367-20.D.004(0) Memoria de selección de conductor de fase aéreo - HVM Ingenieros Ltda. (2021).

#### 3.2.4.1.3.2.2 Conductores de Fases Subterráneos

De acuerdo con los análisis de soportabilidad ante cortocircuito, capacidad de conducción de corriente del conductor en las condiciones máximas de operación y los factores físicos y climáticos del sitio de instalación del conductor, se encontró que el cable aislado seleccionado para los tramos subterráneos, cumple con los requerimientos necesarios para su utilización. Las características técnicas del cable aislado seleccionado se presentan seguidamente en la Tabla 3-77.

**Tabla 3-77 Características de los conductores de fases subterráneos**

Características	Descripción
<b>Tipo</b>	Cable aislado en XLPE a 230 kV
<b>Sección transversal</b>	630 mm <sup>2</sup>
<b>Número de conductores por fase</b>	Uno (1)
<b>Material de aislamiento</b>	Polietileno reticulado XLPE
<b>Nivel de Aislamiento</b>	100%
<b>Material de conductor</b>	Cobre
<b>Temperatura de operación</b>	90 °C
<b>Corriente estimada por conductor</b>	580,14 A (Corriente en estado de emergencia por la Línea de Transmisión aérea)
<b>Tensión nominal de operación</b>	230 kV
<b>Tensión máxima de operación</b>	245 kV

Fuente: IEB-367-20.D.006(1) Preselección básica del conductor de fase subterráneo - HMV Ingenieros Ltda. (2021).

El cable aislado seleccionado cumple con los requerimientos mínimos de corriente de operación del sistema, considerando que la pantalla del cable estará aterrizada en uno de los extremos de su punto de conexión debido a que se presenta un mejor perfil de las sobretensiones en el cable.

#### 3.2.4.1.3.2.3 Cables de Guarda

A partir de los criterios de diseño del Proyecto y condiciones de la zona, se seleccionaron los cables de guarda de manera que cumplan con las corrientes de cortocircuito máximas esperadas en el sistema de acuerdo a los porcentajes asociados que circularán por cada uno de los cables de guarda puestos en paralelo en las estructuras, por lo que se consideraron condiciones conservativas para la evaluación de las corrientes de corto sobre los cables de guarda, con un 92% de la corriente de máxima de cortocircuito sobre el cable de guarda OPGW y con un 40% de corriente máxima de corto sobre el cable de guarda convencional; obteniendo una soportabilidad adecuada en ambos cables de guarda. Los cables de guarda preseleccionados soportan una descarga atmosférica extremadamente conservativa de 200 kA con tiempo de duración de 200  $\mu$ s.

En la Tabla 3-78, se presentan las características de los cables de guarda preseleccionados luego de la validación técnica de acuerdo con los criterios establecidos.

**Tabla 3-78 Características de los cables de guarda**

Características	Unidad	Comunicaciones y protección	Convencional
<b>Tipo</b>	sin	OPGW	Alumoweld (AW)
<b>Denominación</b>	sin	OPGW 48 F.O	7 No.8
<b>Número de hilos o fibras</b>	Un	48	--
<b>Diámetro nominal de los hilos</b>	mm	--	3,26
<b>Diámetro total</b>	mm	12	9,78
<b>Sección total</b>	mm <sup>2</sup>	86,39	58,56
<b>Peso</b>	kg/m	0,364	0,390
<b>Tensión de rotura</b>	kgf	4773 mínimo	7226
<b>Resistencia DC a 20°C</b>	Ω/km	0,38183	1,463
<b>Módulo de elasticidad</b>	Mpa/100	913,554	1599,58
<b>Coficiente de dilatación térmica</b>	°C-1	0,001746	0,001296
<b>Capacidad térmica I<sup>2</sup>t</b>	kA2s	60 (mínimo)	--

Fuente: IEB-367-20.D.005(0) Selección del cable - HVM Ingenieros Ltda. (2021).

#### 3.2.4.1.3.3 Distancias de seguridad

Para la fase de construcción de la Línea de Transmisión, se tendrán en cuenta las distancias mínimas de seguridad para zonas con construcciones, diferentes lugares y situaciones, según lo dispuesto en los numerales 13.1 y 13.2 del Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) de la Resolución 90708 de agosto 30 de 2013. El resumen de estas condiciones se presenta en la Tabla 3-79.

**Tabla 3-79. Distancias de seguridad para zonas con construcciones, diferentes lugares y situaciones establecida en el RETIE.**

Descripción	Valor
Distancia mínima al suelo en cruces con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular	8,5 m
Distancia mínima al suelo desde líneas que recorren avenidas, carreteras y calles	8,0 m
Distancia mínima al suelo en bosques de arbustos, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc. Siempre que se respete los requisitos propios de zonas de servidumbre en lo que se refiere a la máxima altura que pueden alcanzar la copa de los arbustos o huertos allí plantados	6,8 m
Distancia mínima al suelo en áreas de bosques y huertos donde se dificulta el control absoluto del crecimiento de estas plantas y sus copas puedan ocasionar acercamientos peligrosos, se requiera el uso de maquinaria agrícola de gran altura o en cruces de ferrocarriles sin electrificar	9,3 m
Distancia vertical en cruce con ferrocarriles electrificados, teleféricos, tranvías y trolebuses	3,0 m
Distancia vertical en cruce con ríos, canales navegables o flotantes adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m	11,3 m
Distancia vertical en cruce con ríos, canales navegables o flotantes, no adecuadas para embarcaciones con altura mayor a 2 m	6,3 m
Distancia mínima vertical al piso en cruce por espacios usados como campos deportivos abiertos, sin infraestructura en la zona de servidumbre, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificaciones ubicada debajo de los conductores	12,8 m
Distancia mínima horizontal en cruce cercano a campos deportivos que incluyan infraestructura, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificación asociada al campo deportivo	9,3 m
Distancia vertical mínima en cruces o recorridos paralelos a líneas de 230 kV.	3,6 m
Distancia vertical mínima en cruces o recorridos paralelos a líneas de 110 kV.	2,9 m

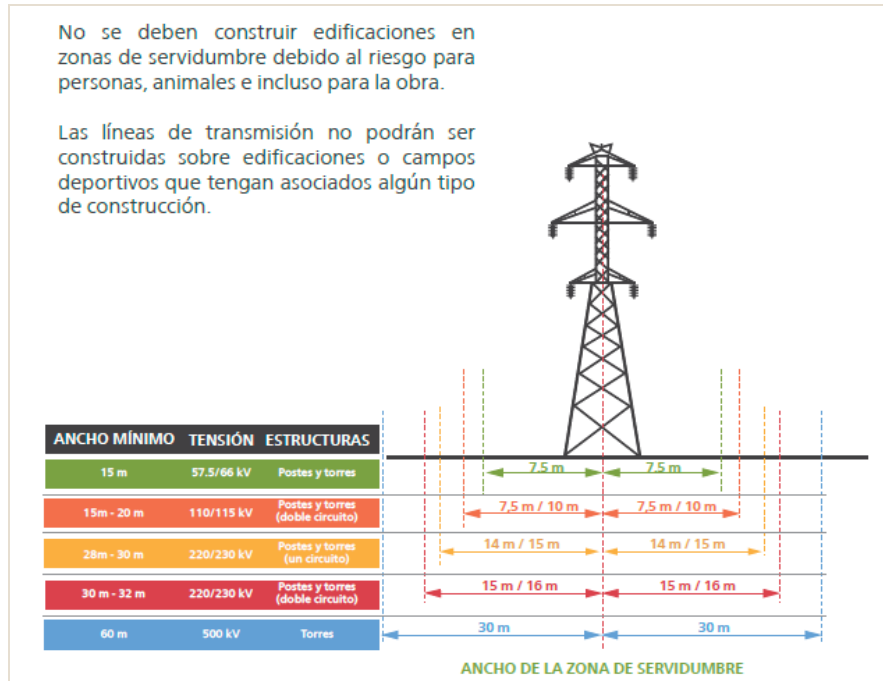
Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) de la Resolución 90708 de agosto 30 de 2013

#### 3.2.4.1.3.4 Zona de servidumbre

De acuerdo con lo establecido en el numeral 22.2 del RETIE (Figura 3.73), la franja de servidumbre aplicable al voltaje de la línea (230 kV), corresponde a 32 metros o el equivalente a un buffer de seguridad de 16 metros a partir del eje de la Línea de Transmisión (i.e. a cada lado).



Figura 3.73. Áreas de seguridad en la servidumbre de las líneas de transmisión en Colombia.



Fuente: RETIE 2013; figura tomada de Codensa (2014).

#### 3.2.4.1.3.5 Adecuación de instalaciones provisionales (Plazas de tendido y patios de almacenamiento temporal)

Esta actividad consiste en la conformación y adecuación de áreas provisionales que se requieren para la construcción del Proyecto.

Las llamadas zonas de uso o acopio temporal dentro del parque solar corresponden a áreas destinadas a la instalación de oficinas y almacenamiento de herramientas tipo Container (teniendo en cuenta que no se requiere la construcción y/o adecuación de campamentos para el alojamiento de personal o preparación de alimentos), áreas de acopio temporal de materiales de construcción, material de excavación y escombros (Figura 3.31).

Las plazas de tendido son las áreas ubicadas cercanas a puntos de soporte de la Línea de Transmisión, en las cuales se instalan provisionalmente los equipos necesarios para el tendido y tensionado del cable; y los patios o zonas de almacenamiento, hacen

referencia a zonas al aire libre, donde se almacenarán o ubicarán temporalmente materiales estructurales para el armado de las torres y postes (ocasionalmente podrán contar con contenedores y oficinas provisionales o portables).

#### *3.2.4.1.3.5.1 Plazas de tendido*

Las plazas de tendido son adecuaciones temporales utilizadas durante la construcción del Proyecto, particularmente en la etapa de tendido de los cables y conductores. Estas se emplean para la instalación temporal de maquinaria y equipo necesarios para el tendido del cable. La utilización de las plazas de tendido se efectúa de manera temporal en un corto periodo después de iniciada la construcción, pues su finalidad es el tendido del cable, para lo cual se requiere que estén construidas la mayor parte de las torres y postes de la Línea de Transmisión. Teniendo en cuenta las condiciones de la zona, no se requiere realizar ningún tipo de nivelación del terreno, en contraste se realizará aislamiento del sitio y despeje o rocería en caso de haber maleza o individuos presentes en la zona. Para el anclaje de los equipos al suelo, existen dos métodos, uno de ellos se utiliza bloques de concreto prefabricado, instalados en la superficie del suelo y otro método empleado para la estatificación es a través de un anclaje metálico.

El Proyecto contempla la instalación de trece (13) plazas de tendido a unos pocos metros de la estructura soporte a tender, cuyas coordenadas de ubicación se presentan en la Tabla 3.81. La definición de su localización se basó en la existencia de buenas condiciones del terreno y accesibilidad con el fin de facilitar la actividad de tendido del cable, las cuales se presenta a continuación en la Tabla 3-80 junto con la vereda y municipio donde se ubican.

Tabla 3-80. Ubicación y Condiciones de plaza de tendido

Plazas de tendido	Área (ha)	Unidad Territorial	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
PZT-1	0,020	Vereda Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
PZT-2	0,020	Vereda Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
PZT-3	0,020	Vereda Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
PZT-4	0,020	Vereda Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	A nivel, 0-1% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
PZT-5	0,020	Vereda Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Protección
PZT-6	0,007	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Transporte
PZT-7	0,004	Barrio Picaleña	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Transporte
PZT-8	0,0003	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Transporte
PZT-9	0,009	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Transporte
PZT-10	0,010	Vereda Aparco	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Transporte
PZT-11	0,053	Vereda Aparco	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Transporte
PZT-12	0,009	Vereda Aparco	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Transporte
PZT-13	0,009	Vereda Alto Combeima	IBAGUÉ	1.2.1.1. Zonas industriales	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Industrial / Pastoreo extensivo (PEX)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

En las plazas de tendido se dispondrá de los equipos necesarios para las maniobras de tendido del conductor y cables de guarda como son principalmente los siguientes:

- Malacate de regulación.
- Freno del tendido.

- Muerto - Anclado Provisorio (Excavado) / Muerto - Anclado Provisorio (Concreto).
- Gatos hidráulicos para el levantamiento de bobinas.
- Poleas para cable conductor.
- Empalmadoras.
- Juego de Dados para empalme de cable conductor y cable de guarda.
- Agarradoras o morcetos.
- Porta carretes.
- Carretes de cables conductores y de guarda.

Las plazas de tendido serán ubicadas aproximadamente cada 10 estructuras de soporte y entre cada tramo subterráneo, de la manera mostrada en la Figura 3.74 y sus coordenadas de ubicación se presenta en la Tabla 3.81.

**Tabla 3.81. Coordenadas de Localización de las Plazas de Tendido**

PZT-1		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4768188,66	2045769,18
2	4768189,63	2045779,13
3	4768209,55	2045777,37
4	4768208,58	2045767,42

PZT-2		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4767267,86	2044700,37
2	4767267,91	2044689,18
3	4767267,93	2044685,10
4	4767267,95	2044680,76
5	4767257,95	2044680,81
6	4767257,94	2044683,16
7	4767257,92	2044687,23
8	4767257,87	2044698,42
9	4767257,86	2044700,80

PZT-5		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4762626,47	2045590,23
2	4762628,37	2045587,08
3	4762628,53	2045586,81
4	4762630,07	2045584,23
5	4762630,42	2045583,66
6	4762632,13	2045580,81
7	4762634,19	2045577,38
8	4762634,92	2045576,16
9	4762626,30	2045571,09
10	4762622,81	2045576,91
11	4762621,27	2045579,48
12	4762620,24	2045581,20
13	4762618,70	2045583,77
14	4762616,02	2045588,23
15	4762624,63	2045593,30
16	4762625,77	2045591,40

Ibagué y Piedras (Tolima)

10	4767267,86	2044700,76
----	------------	------------

PZT-3		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4765308,37	2044759,19
2	4765311,46	2044758,53
3	4765309,32	2044748,12
4	4765308,51	2044744,16
5	4765307,44	2044738,94
6	4765297,66	2044741,04
7	4765298,43	2044744,77
8	4765299,24	2044748,72
9	4765301,48	2044759,61
10	4765301,69	2044760,62

PZT-6		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4762309,89	2045568,23
2	4762307,10	2045569,03
3	4762306,64	2045569,16
4	4762311,12	2045584,91
5	4762312,11	2045588,42
6	4762312,42	2045588,34
7	4762313,60	2045588,06
8	4762315,60	2045587,57
9	4762311,03	2045570,80
10	4762310,67	2045569,48
11	4762310,50	2045568,83
12	4762310,31	2045568,12

PZT-4		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4763574,47	2045829,36
2	4763574,11	2045825,22
3	4763573,20	2045814,58
4	4763570,47	2045814,84
5	4763563,25	2045815,53
6	4763563,42	2045817,48
7	4763564,39	2045828,85
8	4763564,75	2045832,99
9	4763564,96	2045835,45
10	4763574,91	2045834,50

PZT-7		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4762019,73	2044663,31
2	4762019,33	2044663,50
3	4762018,99	2044663,74
4	4762018,48	2044664,09
5	4762021,30	2044670,30
6	4762024,11	2044676,48
7	4762024,89	2044678,20
8	4762025,59	2044677,98
9	4762026,01	2044677,81
10	4762026,11	2044677,77
11	4762027,71	2044677,15
12	4762024,02	2044669,04
13	4762021,13	2044662,68

Ibagué y Piedras (Tolima)

PZT-8		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4761984,41	2044480,33
2	4761983,83	2044480,16
3	4761983,86	2044480,10
4	4761983,20	2044479,66
5	4761982,74	2044480,52
6	4761982,27	2044481,37
7	4761981,78	2044482,23
8	4761981,30	2044483,06
9	4761980,81	2044483,90
10	4761980,30	2044484,74
11	4761979,80	2044485,57
12	4761979,28	2044486,40
13	4761978,76	2044487,22
14	4761978,23	2044488,04
15	4761977,69	2044488,85
16	4761977,33	2044489,38
17	4761981,40	2044488,88
18	4761982,24	2044488,78
19	4761982,42	2044488,78
20	4761985,43	2044488,76
21	4761987,19	2044488,74
22	4761992,10	2044489,28
23	4761991,05	2044485,09
24	4761990,63	2044481,57
25	4761988,77	2044481,51
26	4761988,07	2044481,40
27	4761987,34	2044481,19
28	4761986,69	2044480,99
29	4761986,65	2044481,00
30	4761986,58	2044480,99
31	4761986,52	2044480,98
32	4761986,50	2044480,98
33	4761986,45	2044480,96
34	4761986,39	2044480,94
35	4761986,33	2044480,90

PZT-10		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4760918,78	2043056,82
2	4760914,93	2043053,44
3	4760911,51	2043049,64
4	4760911,01	2043048,93
5	4760909,07	2043046,17
6	4760908,56	2043045,46
7	4760906,13	2043040,96
8	4760904,25	2043036,20
9	4760903,02	2043031,56
10	4760902,73	2043031,97
11	4760902,22	2043032,69
12	4760901,71	2043033,41
13	4760901,18	2043034,12
14	4760900,65	2043034,83
15	4760900,12	2043035,53
16	4760899,58	2043036,23
17	4760899,03	2043036,92
18	4760898,48	2043037,61
19	4760898,29	2043037,85
20	4760897,92	2043038,30
21	4760897,36	2043038,98
22	4760896,79	2043039,65
23	4760896,21	2043040,32
24	4760895,63	2043040,99
25	4760895,37	2043041,27
26	4760895,04	2043041,65
27	4760894,45	2043042,30
28	4760893,85	2043042,95
29	4760893,24	2043043,60
30	4760892,63	2043044,24
31	4760892,03	2043044,86
32	4760891,72	2043045,21
33	4760891,71	2043045,22
34	4760891,39	2043045,58
35	4760891,38	2043045,58

Ibagué y Piedras (Tolima)

36	4761986,30	2044480,88
37	4761985,42	2044480,62
38	4761984,88	2044480,46
39	4761984,53	2044480,36

PZT-9		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4761019,65	2043078,71
2	4761024,75	2043074,20
3	4761014,65	2043063,11
4	4761009,43	2043068,18

PZT-11		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4759484,63	2043828,54
2	4759484,86	2043828,74
3	4759484,95	2043828,66
4	4759484,95	2043828,66
5	4759493,64	2043820,70
6	4759494,74	2043819,71
7	4759495,94	2043818,63
8	4759493,02	2043815,87
9	4759491,73	2043814,65
10	4759491,39	2043814,95
11	4759490,48	2043815,73
12	4759480,35	2043825,00
13	4759480,31	2043825,04
14	4759480,38	2043825,12
15	4759484,45	2043828,38

PZT-12		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4758818,21	2044667,77
2	4758823,11	2044664,52
3	4758823,12	2044664,53

36	4760891,05	2043045,94
37	4760891,04	2043045,94
38	4760890,70	2043046,29
39	4760890,70	2043046,30
40	4760890,36	2043046,64
41	4760890,35	2043046,65
42	4760890,00	2043046,99
43	4760889,99	2043047,00
44	4760889,64	2043047,33
45	4760889,63	2043047,33
46	4760889,28	2043047,66
47	4760889,27	2043047,67
48	4760888,90	2043047,99
49	4760888,90	2043048,00
50	4760888,53	2043048,31
51	4760888,52	2043048,32
52	4760888,15	2043048,63
53	4760888,14	2043048,64
54	4760887,76	2043048,94
55	4760887,76	2043048,95
56	4760887,37	2043049,24
57	4760887,37	2043049,25
58	4760886,98	2043049,54
59	4760886,97	2043049,55
60	4760886,58	2043049,83
61	4760886,57	2043049,84
62	4760886,18	2043050,12
63	4760888,80	2043053,71
64	4760891,81	2043059,33
65	4760894,42	2043064,11
66	4760895,80	2043063,86
67	4760898,02	2043063,45
68	4760900,24	2043063,05
69	4760902,47	2043062,65
70	4760904,69	2043062,27
71	4760905,87	2043062,07
72	4760906,92	2043061,89
73	4760909,15	2043061,52

Ibagué y Piedras (Tolima)

4	4758831,46	2044659,01
5	4758829,29	2044655,73
6	4758828,28	2044654,21
7	4758828,26	2044654,18
8	4758825,00	2044656,34
9	4758822,78	2044657,81
10	4758822,77	2044657,79
11	4758814,61	2044663,19

74	4760911,38	2043061,16
75	4760913,61	2043060,80
76	4760915,85	2043060,45
77	4760918,08	2043060,11
78	4760920,32	2043059,78
79	4760922,55	2043059,46
80	4760922,61	2043059,45

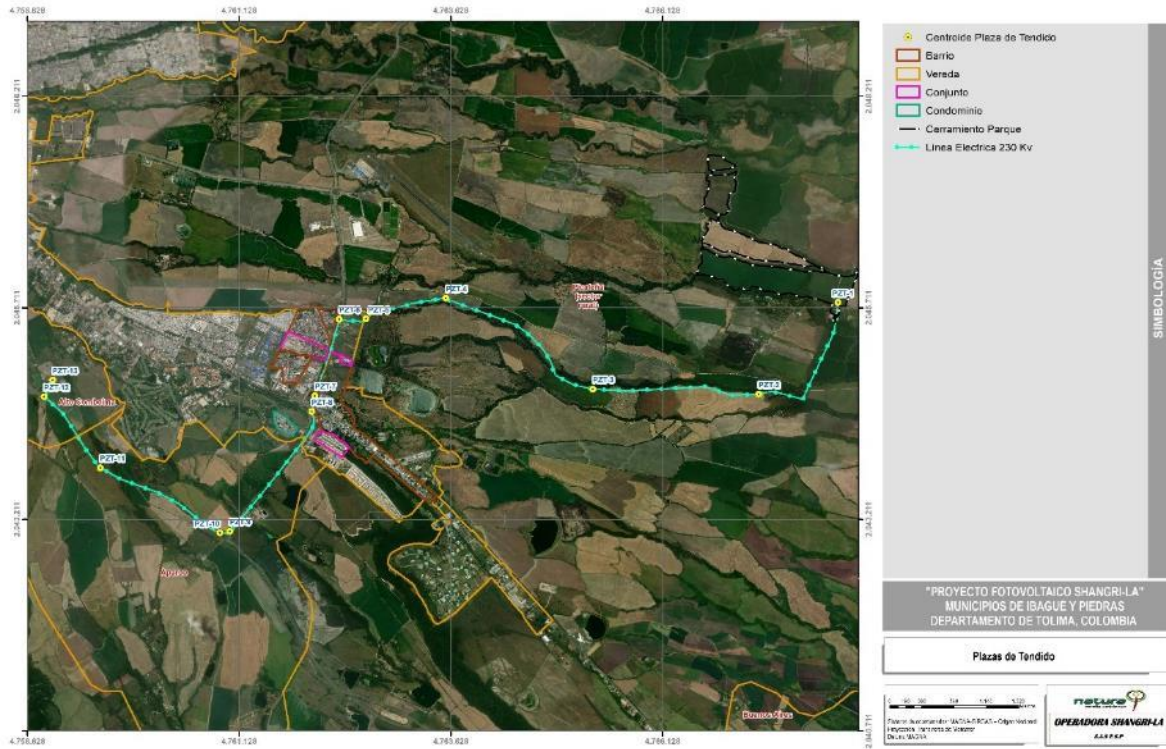
PZT-13		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4758936,33	2044854,65
2	4758929,46	2044847,39
3	4758920,24	2044856,15
4	4758916,93	2044859,29
5	4758914,55	2044861,56
6	4758921,72	2044868,90

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

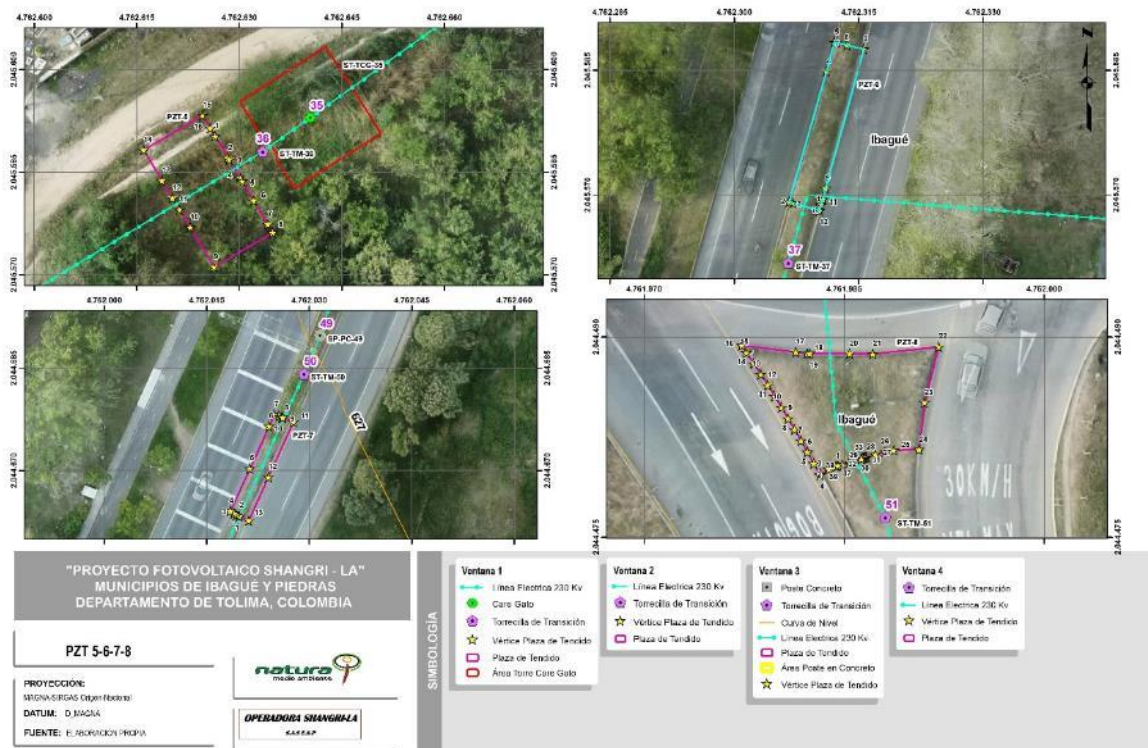
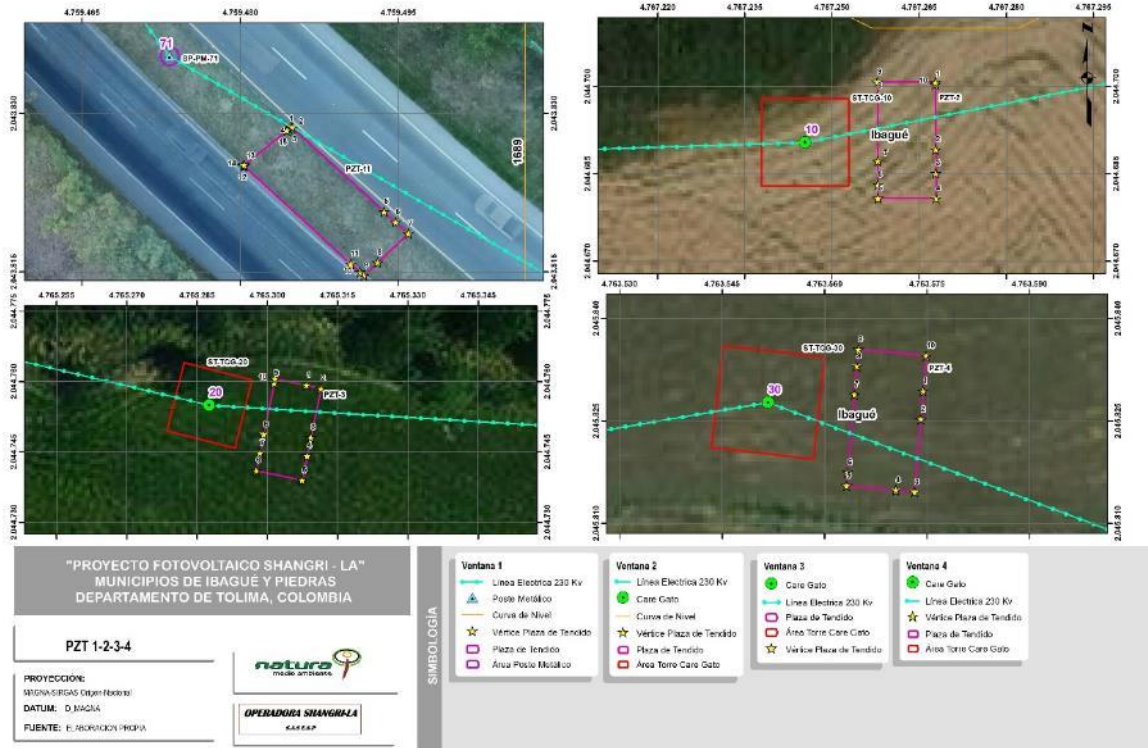


Ibagué y Piedras (Tolima)

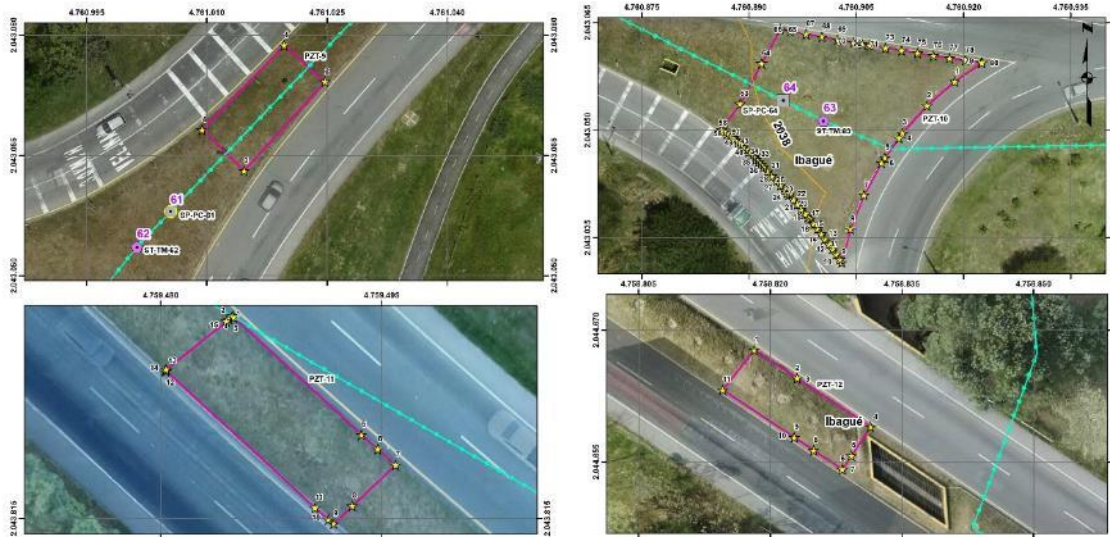
Figura 3.74. Localización de las Plazas de Tendido



Ibagué y Piedras (Tolima)



Ibagué y Piedras (Tolima)



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**PZT 9-10-11-12**

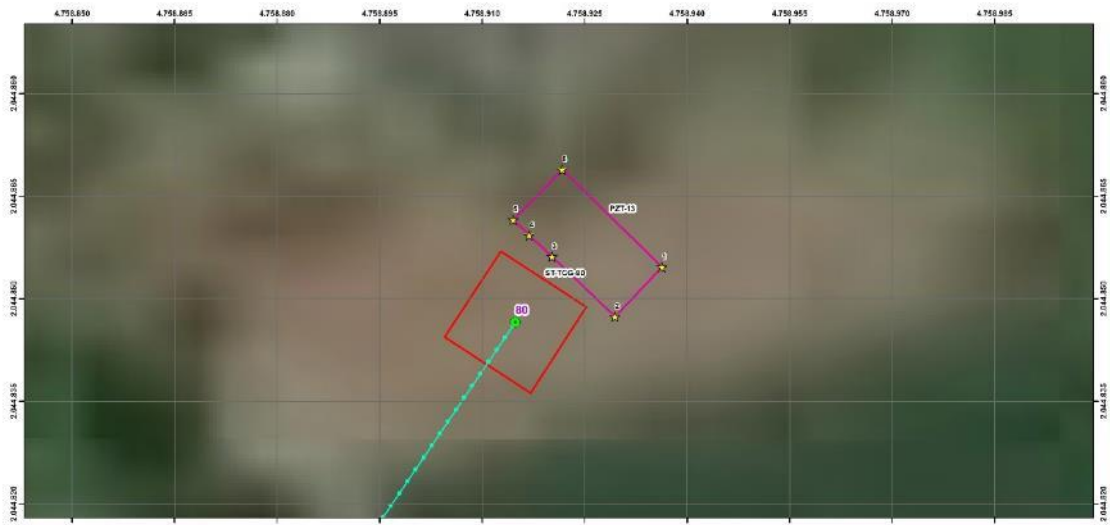
PROYECCIÓN: SISTEMA SIRGAS Datum (Ecuador)  
DATUM: D. BOGOTÁ  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGÍA**

<b>Ventana 1</b>	<b>Ventana 2</b>	<b>Ventana 3</b>	<b>Ventana 4</b>
— Línea Eléctrica 230 Kv	— Línea Eléctrica 230 Kv	— Línea Eléctrica 230 Kv	— Línea Eléctrica 230 Kv
■ Poste Concreto	■ Poste Concreto	■ Poste de Tenido	★ Vértice Plaza de Tenido
☆ Vertice Plaza de Tenido	☆ Torredón de Transición	☆ Vértice Plaza de Tenido	☆ Vértice Plaza de Tenido
☆ Vértice Plaza de Tenido	— Curva de Nivel		
☆ Vértice Plaza de Tenido	☆ Vértice Plaza de Tenido		
☆ Vértice Plaza de Tenido	☆ Vértice Plaza de Tenido		
☆ Vértice Plaza de Tenido	☆ Vértice Plaza de Tenido		
☆ Vértice Plaza de Tenido	☆ Vértice Plaza de Tenido		
☆ Vértice Plaza de Tenido	☆ Vértice Plaza de Tenido		



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**PZT 13**

PROYECCIÓN: SISTEMA SIRGAS Datum (Ecuador)  
DATUM: D. BOGOTÁ  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGÍA**

<b>Ventana 1</b>
— Línea Eléctrica 230 Kv
● Torre Gato
★ Vértice Plaza de Tenido
■ Poste de Tenido
■ Área Torre Cabe Gato

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

#### 3.2.4.1.3.5.2 *Franjas de Tendido o brecha de riega*

Adicionalmente, para el tendido de los conductores y cables en la zona rural, se requiere de tener franjas de tendido tipo brecha de riega, la cual consisten en la apertura de trochas (según aplique) localizadas dentro de la servidumbre, en áreas con cobertura que puedan interferir con las actividades de tendido del cable de guarda y del conductor.

Debido a que en el proceso de tendido los conductores no pueden tocar vegetación o suelo debido a la temperatura que este posee en esta actividad, las cuales serán de 4 metros de ancho, ubicadas a cada lado del eje de la línea con un espaciado de 5,5 metros según las dimensiones de las torres Care Gato o estructuras de soporte. Las franjas de tendido serán ubicadas de manera que se respete las zonas de exclusión definidas en la zonificación ambiental (Capítulo 9 del presente EIA), las cuales están asociadas a rondas de protección hídrica en la zona rural de la Línea de Transmisión; sobre estos cruces con restricciones se utilizarán tecnologías de tendido mediante naves no tripuladas (Drones) o teleféricos con el fin de evitar intervenir las rondas de protección, y en caso de requerirse solo se realizarán podas de los individuos arbóreos de alto porte. En la Fotografía 3-59 se puede observar un ejemplo de franja de tendido con un área de intervención aprobada.

**Fotografía 3-59 Franja de Tendido tipo Brecha de Riega**

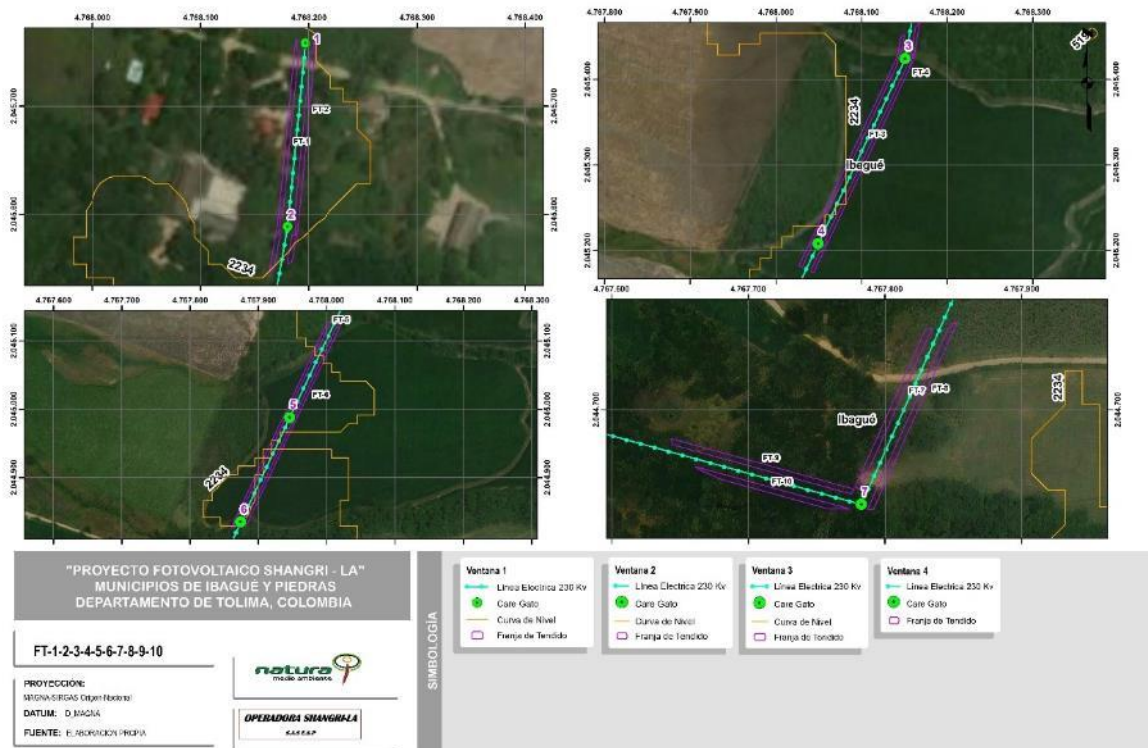


Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

En el área del proyecto, estas franjas de tendido tendrán un área de hasta 4,62 ha, y la mayoría servirán como accesos nuevos temporales (ver 3.2.4.1.1.2), y espacialmente se pueden observar a continuación en la Figura 3.75.

**Figura 3.75. Localización de las Franjas de Tendido**



Ibagué y Piedras (Tolima)



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

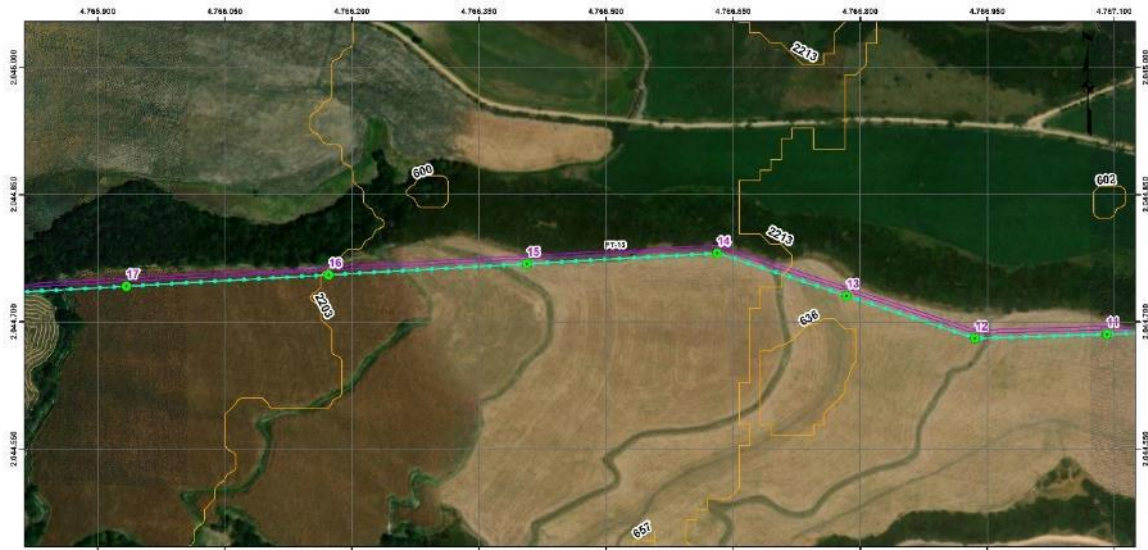
**FT-11-12**

PROYECCIÓN: SISTEMA SIRGAS Open Horizontal  
DATUM: D. BOGOTÁ  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**SIMBOLOGÍA**


- Ventana 1
- Linea Eléctrica 230 kv
- Cerro Gato
- Curvas de Nivel
- Franje de Termino



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**FT-13**

PROYECCIÓN: SISTEMA SIRGAS Open Horizontal  
DATUM: D. BOGOTÁ  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**SIMBOLOGÍA**

- Ventana 1
- Linea Eléctrica 230 kv
- Cerro Gato
- Curvas de Nivel
- Franje de Termino


Ibagué y Piedras (Tolima)



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUE Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**FT-14**

PROYECCION: SISTEMA SIGLAS Datum Nacional  
DATUM: D. NACIONAL  
FUENTE: ELABORACION PROPIA



**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGIA**

Ventana 1


- Linea Eléctrica 230 Kv
- Corte Gato
- Curvas de Nivel
- Franje de Termino



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUE Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**FT-15-16-17-18**

PROYECCION: SISTEMA SIGLAS Datum Nacional  
DATUM: D. NACIONAL  
FUENTE: ELABORACION PROPIA



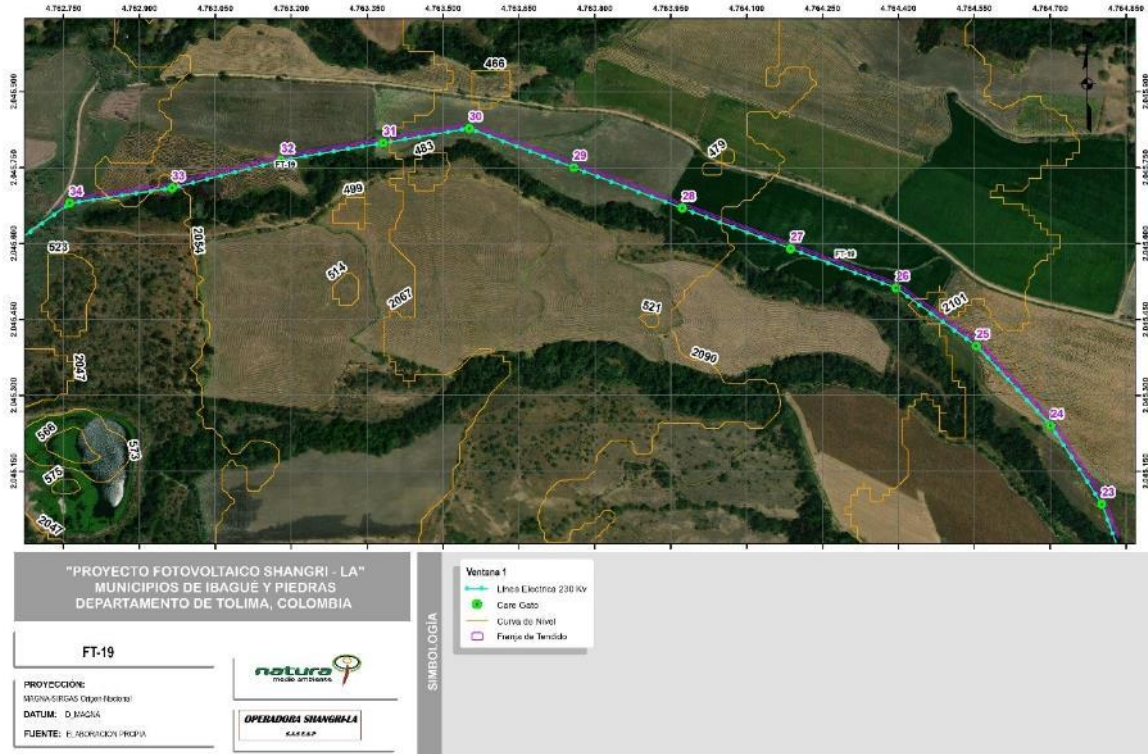
**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGIA**

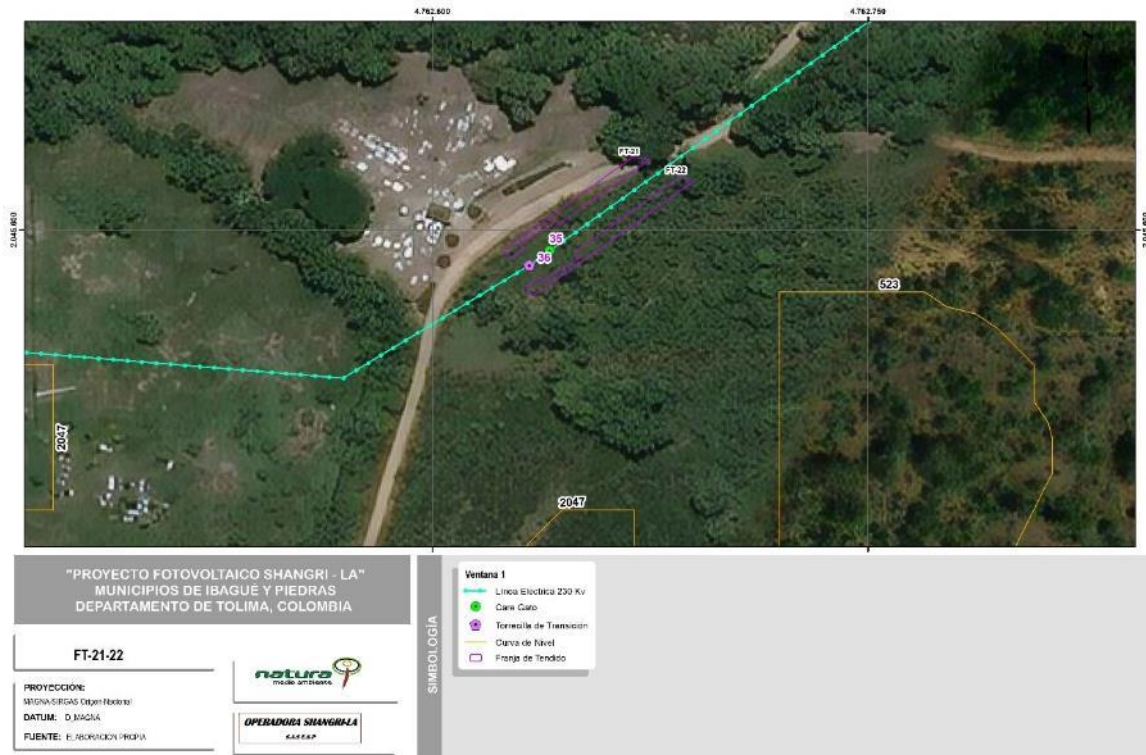
Ventana 1

- Linea Eléctrica 230 Kv
- Corte Gato
- Curvas de Nivel
- Franje de Termino

Ibagué y Piedras (Tolima)







Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Cabe destacar que, en la zona urbana no se requiere franjas de tendido debido a que es una zona altamente intervenida y antrópica, por lo que se encuentra totalmente despejada, sin tener superposición con coberturas naturales, seminaturales o con vegetación sujeta a aprovechamiento forestal.

### 3.2.4.1.3.5.3 *Patio de Almacenamiento*

El patio de almacenamiento es una instalación provisional que será utilizada durante la etapa constructiva donde se almacenará temporalmente la estructura de las torres y materiales de construcción para su instalación; también se podrá disponer de espacios para adecuación de oficinas en contenedores portátiles, áreas temporales de materiales de construcción, materiales de excavación y escombros. Para el Proyecto se plantea un área como alternativa para el establecimiento del patio de almacenamiento cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 3.82 y su localización se puede observar en la Figura 3.76.

Tabla 3.82. Coordenadas de Localización del Patio de Almacenamiento

PAT-1			PAT-13			PAT-14		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
1	4768146,27	2045665,64	1	4768103,06	2045839,17	1	4768166,81	2045813,67
2	4768167,50	2045657,86	2	4768141,95	2045810,89	2	4768205,87	2045795,45
3	4768163,80	2045646,96	3	4768135,26	2045787,94	3	4768258,80	2045795,90
4	4768175,55	2045643,47	4	4768135,13	2045787,47	4	4768290,37	2045785,02
5	4768179,46	2045657,54	5	4768134,98	2045787,01	5	4768285,97	2045772,27
6	4768165,18	2045662,10	6	4768134,81	2045786,56	6	4768273,59	2045736,36
7	4768167,93	2045670,56	7	4768134,63	2045786,11	7	4768273,34	2045736,24
8	4768169,83	2045669,93	8	4768134,43	2045785,67	8	4768272,89	2045736,06
9	4768174,81	2045686,12	9	4768134,22	2045785,24	9	4768272,44	2045735,90
10	4768141,89	2045697,23	10	4768133,99	2045784,81	10	4768271,99	2045735,75
11	4768140,24	2045691,69	11	4768133,75	2045784,39	11	4768271,53	2045735,62
12	4768140,09	2045695,27	12	4768133,49	2045783,98	12	4768271,06	2045735,50
13	4768140,14	2045701,93	13	4768133,22	2045783,58	13	4768270,59	2045735,40
14	4768139,71	2045708,43	14	4768132,94	2045783,19	14	4768270,12	2045735,31
15	4768138,89	2045713,05	15	4768132,64	2045782,80	15	4768269,65	2045735,24
16	4768137,61	2045717,25	16	4768132,33	2045782,43	16	4768269,17	2045735,19
17	4768135,83	2045720,83	17	4768132,01	2045782,07	17	4768268,69	2045735,15
18	4768132,69	2045724,55	18	4768131,67	2045781,72	18	4768268,21	2045735,13
19	4768130,59	2045726,47	19	4768131,33	2045781,39	19	4768267,73	2045735,13
20	4768137,79	2045748,32	20	4768130,97	2045781,06	20	4768267,26	2045735,14
21	4768207,68	2045730,06	21	4768130,60	2045780,75	21	4768266,78	2045735,17
22	4768208,28	2045635,77	22	4768130,22	2045780,45	22	4768266,30	2045735,22
23	4768205,56	2045631,72	23	4768129,83	2045780,16	23	4768265,82	2045735,28
24	4768198,78	2045622,67	24	4768129,43	2045779,89	24	4768265,35	2045735,35
25	4768196,83	2045620,92	25	4768129,02	2045779,63	25	4768264,88	2045735,45
26	4768195,62	2045622,12	26	4768128,60	2045779,39	26	4768264,42	2045735,56
27	4768193,65	2045629,00	27	4768128,18	2045779,16	27	4768263,95	2045735,68
28	4768186,62	2045634,48	28	4768127,74	2045778,94	28	4768155,61	2045767,15
29	4768177,80	2045632,95	29	4768127,30	2045778,74	29	4768151,45	2045768,38
30	4768175,70	2045629,77	30	4768126,86	2045778,56	30	4768150,99	2045768,53
31	4768164,43	2045638,15	31	4768126,40	2045778,39	31	4768150,53	2045768,68
32	4768159,69	2045642,55	32	4768125,94	2045778,24	32	4768150,50	2045768,70

Ibagué y Piedras (Tolima)

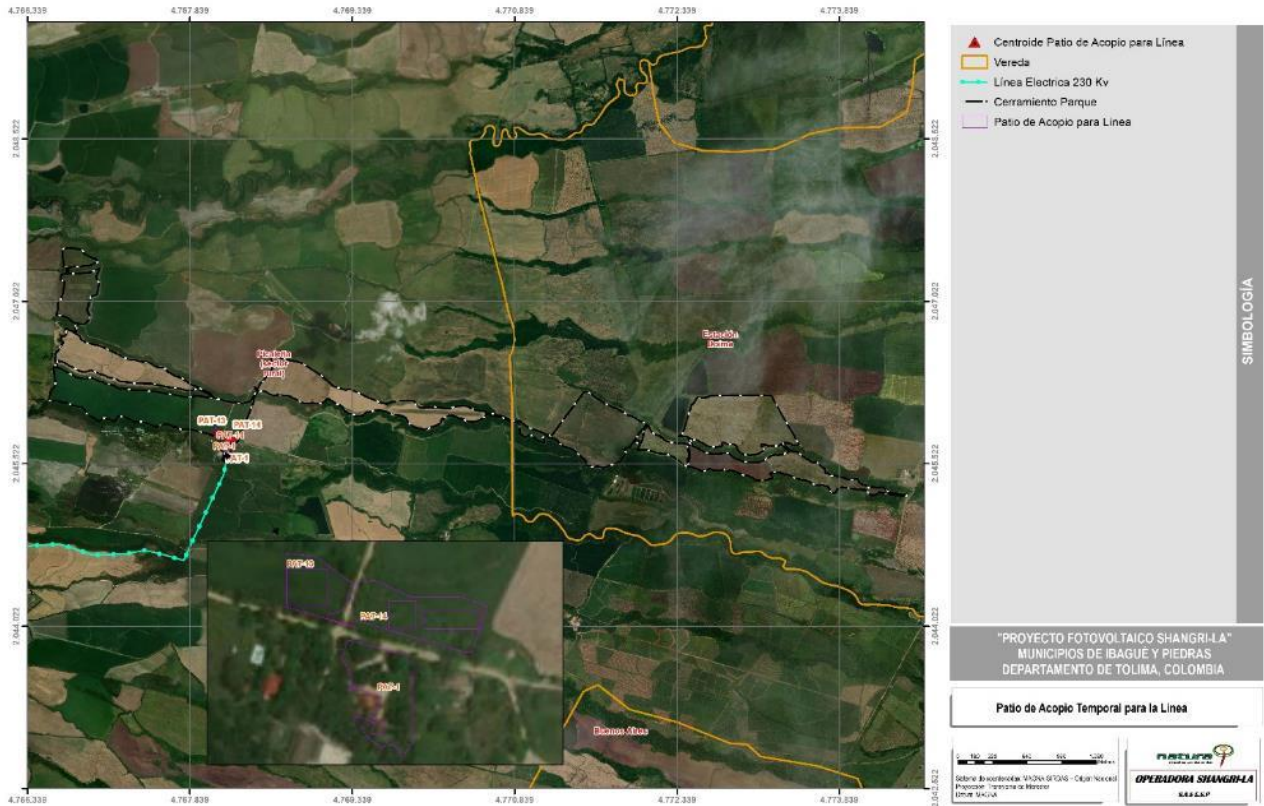
33	4768155,60	2045647,66	33	4768125,48	2045778,10	33	4768150,08	2045768,86
34	4768152,04	2045653,35	34	4768125,01	2045777,98	34	4768149,64	2045769,05
35	4768148,95	2045659,37	35	4768124,54	2045777,87	35	4768149,20	2045769,25
			36	4768124,06	2045777,78	36	4768148,83	2045769,44
			37	4768123,58	2045777,71	37	4768148,77	2045769,47
			38	4768123,10	2045777,66	38	4768148,34	2045769,71
			39	4768122,62	2045777,62	39	4768147,93	2045769,96
			40	4768122,14	2045777,60	40	4768147,52	2045770,22
			41	4768121,65	2045777,59	41	4768147,13	2045770,50
			42	4768121,17	2045777,60	42	4768146,74	2045770,79
			43	4768120,69	2045777,63	43	4768146,36	2045771,10
			44	4768120,21	2045777,68	44	4768146,00	2045771,41
			45	4768119,73	2045777,74	45	4768145,64	2045771,74
			46	4768119,25	2045777,81	46	4768145,30	2045772,08
			47	4768118,77	2045777,91	47	4768144,97	2045772,44
			48	4768118,30	2045778,02	48	4768144,65	2045772,80
			49	4768117,84	2045778,15	49	4768144,35	2045773,18
			50	4768117,83	2045778,13	50	4768144,05	2045773,56
			51	4768117,09	2045775,59	51	4768143,78	2045773,96
			52	4768115,88	2045771,40	52	4768143,51	2045774,36
			53	4768142,65	2045763,63	53	4768143,26	2045774,78
			54	4768143,12	2045763,48	54	4768143,17	2045774,94
			55	4768143,58	2045763,32	55	4768143,02	2045775,20
			56	4768144,04	2045763,14	56	4768142,80	2045775,63
			57	4768144,49	2045762,95	57	4768142,60	2045776,07
			58	4768144,93	2045762,74	58	4768142,40	2045776,51
			59	4768145,37	2045762,52	59	4768142,23	2045776,96
			60	4768145,78	2045762,29	60	4768142,07	2045777,42
			61	4768068,33	2045785,23	61	4768141,92	2045777,88
			62	4768068,48	2045843,50	62	4768141,79	2045778,35
			63	4768103,06	2045839,17	63	4768141,68	2045778,82
			64	4768116,83	2045826,14	64	4768141,59	2045779,29
			65	4768071,82	2045826,26	65	4768141,51	2045779,77
			66	4768071,71	2045786,25	66	4768141,44	2045780,25
			67	4768116,72	2045786,13	67	4768141,40	2045780,73
						68	4768141,37	2045781,21
						69	4768141,35	2045781,70
						70	4768141,36	2045782,18

Ibagué y Piedras (Tolima)

71	4768141,38	2045782,66
72	4768141,42	2045783,15
73	4768141,47	2045783,63
74	4768141,54	2045784,10
75	4768141,63	2045784,58
76	4768141,73	2045785,05
77	4768141,85	2045785,52
78	4768141,98	2045785,99
79	4768149,43	2045811,54
80	4768166,81	2045813,67
81	4768182,43	2045760,66
82	4768212,43	2045760,58
83	4768212,51	2045790,59
84	4768182,51	2045790,67
85	4768182,43	2045760,66
86	4768281,12	2045780,40
87	4768221,10	2045780,56
88	4768221,05	2045760,56
89	4768281,06	2045760,40

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.76. Localización del Patio de Almacenamiento para la Línea de Transmisión**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

El abastecimiento de agua en los patios de almacenamiento se realizará a través de terceros autorizados para comercializar agua (ANEXO C.14), en cuanto al suministro de energía, este se realizaría por medio de plantas eléctricas y una acometida provisional en la etapa de construcción. Se dispondrán baños portátiles suministrados por proveedores de este servicio que se encuentren autorizados para el manejo, transporte y disposición final de los residuos resultantes (ANEXO C.14). En la Tabla 3-83, se relaciona la información más relevante del patio de almacenamiento a adecuar para el Proyecto.

**Tabla 3-83. Ubicación y Condiciones del terreno del patio de almacenamiento**

Patio de Almacenamiento	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
<b>PAT-1</b>	0,587	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-1-1</b>	0,005	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-13</b>	0,206	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz 2.3.2. Pastos arbolados 3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja 1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI) Pastoreo extensivo (PEX) Protección Transporte
<b>PAT-14</b>	0,471	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados 1.2.2.1. Red vial y territorios asociados 2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX) Transporte Cultivos transitorios intensivos (CTI)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

A continuación, se relacionan las áreas, materiales e insumos que estarán distribuidas dentro del patio de almacenamiento:

- Carretes
- Estructura metálica
- Aisladores
- Carpintería
- Herrajes, tornillería
- Accesorios
- Zona de acero
- Agregados (arena, grava)
- Combustible para vehículos
- Almacén
- Comedor
- Baños portátiles
- Potería

- Tanque de almacenamiento de agua
- Punto ecológico de residuos
- Parqueadero de vehículos

Logísticamente, desde el patio de almacenamiento se distribuirán los materiales de construcción, para el armado de cada torre conforme con las especificaciones de diseño de la estructura, equipos y herramientas hacia los sitios de torre, áreas de trabajo y plazas de tendido, el transporte se realizará en camiones tipo turbo o sencillos; de acuerdo con las condiciones de las vías, también se podrá utilizar otros medios de transporte, como tractores, o semovientes.

Las demás áreas de acopio temporal presentadas en la Figura 3.31 y ANEXO CARTOGRÁFICO A, también pueden ser usadas para este propósito. En párrafos previos se referenció la que sería el patio de almacenamiento principal.

#### 3.2.4.1.3.6 Operación de Maquinaria en la Línea de Transmisión

Esta actividad se encuentra relacionada con la operación de maquinaria asociada a la construcción de la Línea de Transmisión eléctrica y es inherente al desarrollo de actividades tales como la excavaciones y cimentación de las estructuras, montaje de las torres y postes, excavación de zanjas y perforación horizontal dirigida para los tramos de la línea subterránea, así como el tendido del cable y conductor. Dentro de estas actividades se asocia la operación de la maquinaria y equipos probables relacionada en la Tabla 3-84.

Tabla 3-84. Relación de maquinaria a operar en las actividades de construcción de la Línea de Transmisión y Bahía de Conexión 230kV

Equipo		Actividades	Cantidad
	Retroexcavadora	Excavaciones- para sitios de torre y Bahía de Conexión	3
	Volquetas	Excavaciones, movimiento de tierras y perforación dirigida, en Línea y Bahía de Conexión	10
	Mezcladoras De Concreto	Cimentaciones	4
	Balanza Para Pesaje	Cimentaciones, Relleno Y Compactación	4
	Vibrocompactador Tipo Canguro	Compactación de relleno de cimentaciones	8



Ibagué y Piedras (Tolima)

Equipo		Actividades	Cantidad
	Vibradores De Concreto	Cimentaciones de Torres y Bahía de Conexión	8
	Plantas Eléctricas De 5 Kw	Cimentaciones, Relleno Y Compactación	5
	Plumas Metálicas	Armado De Estructuras	5
	Malacate U5	Armado De Estructuras	5
	Camiones	Transporte de material para el montaje de estructuras	4
	Camioneta	Transporte de material y personal	5

Ibagué y Piedras (Tolima)

Equipo		Actividades	Cantidad
	Malacate	Tendido Regulado y Amarre	4
	Freno	Tendido Regulado Y Amarre	2
	Empalmadoras	Tendido Regulado Y Amarre	5
	Malacate U5 Para Riega	Tendido Regulado Y Amarre	2
	Camión	Tendido Regulado Y Amarre	3
	Grúa	Montaje de estructuras metálicas Tendido Regulado Y Amarre Transporte de estructura metálica	3

Equipo		Actividades	Cantidad
	Motosierra	Aprovechamiento Forestal	10
	Perforadora	Perforación Horizontal Dirigida	2

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### 3.2.4.1.3.7 Esquemas de las obras a construir

Como se mencionó previamente, en la zona rural, la línea irá soportada en torrecillas de estructura metálica de 18 a 22 metros de altura visible, tipo CARE GATO (Tabla 3-79, Figura 3.77), para garantizar menor impacto paisajístico y total coexistencia en las zonas cercanas al área de influencia del Aeropuerto Nacional Perales. Esta configuración garantiza nula interferencia con los espacios aéreos del aeropuerto, en especial con la superficie horizontal interna establecida por la OACI en el convenio de la aviación civil internacional. La ubicación específica de las torres se diseñó de tal manera que, prioriza las siguientes condiciones:

- Distancias mínimas requeridas frente a drenajes o cuerpos de agua remanentes<sup>15</sup>, de la zona de servidumbre aplicable al voltaje de la línea (230

<sup>15</sup> e.g. "Una faja no inferior a 30 metros de ancha, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua; según el numeral 1.b. del Artículo 2.2.1.1.18.2 del Decreto 1076 de 2015 que compila las disposiciones del Artículo 3 del Decreto 1449 de 1977.

kV), que corresponde a 32 metros o el equivalente a un buffer de seguridad de 16 metros a partir del eje de la Línea de Transmisión (i.e. a cada lado).

- La mínima afectación posible sobre la vegetación protectora o bosque ripario asociado a los drenajes hídricos que persisten en la zona.
- Coexistencia y nula interferencia con las zonas cercanas al área de influencia del Aeropuerto Nacional Perales.

En la zona urbana de Ibagué, la intervención en la vía se hará mediante dos metodologías: la primera es con línea aérea soportada en postes de concreto (24m y 27 m) y metálico (40 m) y la segunda es con línea subterránea para los cruces viales, descargada al terreno a través de torrecillas de estructura metálica (18 a 22 m; Tabla 3-79, Figura 3.77).

#### 3.2.4.1.3.8 Esquema de la parte aérea

En la zona rural, la línea irá soportada en torrecillas de estructura metálica de 18 a 22 metros de altura visible, tipo "CARE GATO" (Tabla 3-79, Figura 3.77).

La parte aérea de la zona urbana se desarrollará con: postes de concreto de 20 a 23 metros de altura visible (24 a 27 m de longitud) y postes metálicos de 40 metros de altura visible; para los pasos subterráneos se emplearán torrecillas metálicas de 18,0 y 21,1 metros de altura visible (Figura 3.77). En la Tabla 3-79 se presentan las dimensiones generales de estas estructuras.

**Tabla 3-79. Dimensiones promedio de las estructuras de soporte de la Línea de Transmisión.**

Material	Torre Care Gato	Poste Concreto – Metálico	Torrecilla
<b>Altura libre o visible</b>	20,5 m	20 -40 m	18- 22 m
<b>Longitud total</b>	20.5m	24-44 m	22- 27 m
<b>Diámetro Base</b>	4 m	56 – 60 cm	1 x 1 m
<b>Diámetro Superior</b>	2 m	22 cm	1 x 1 m

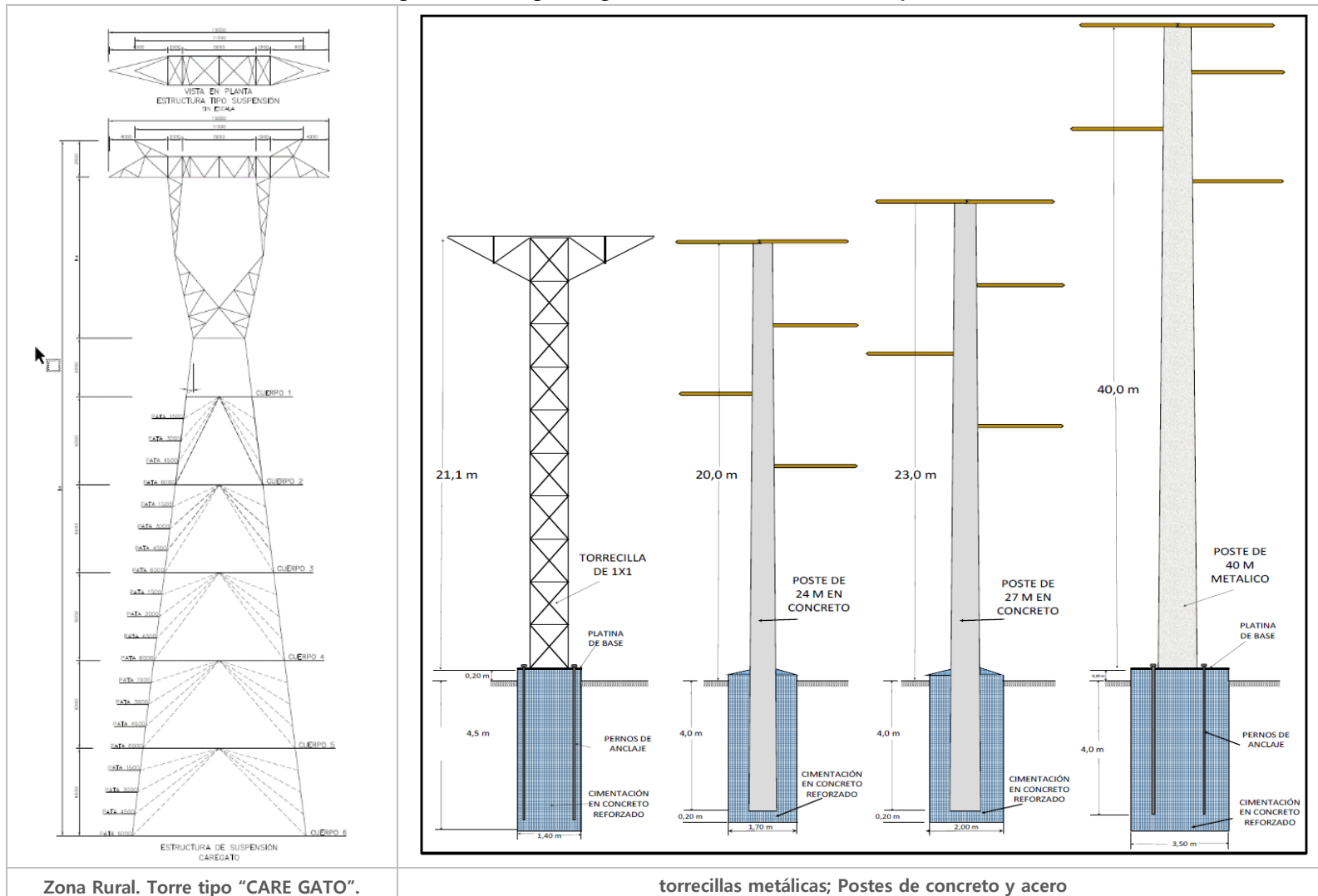
Material	Torre Care Gato	Poste Concreto – Metálico	Torrecilla
<b>Cimentación para suspensión</b>	4 m	3.5 – 4 m	4.5 m
<b>Cimentación para terminal o retención</b>	No aplica	4 – 5 m	4.5 m
<b>Distancia media del vano</b>	50 m	70 – 300 m	5- 10 m
<b>Altura de fijación de la fase inferior</b>	15 m	10 – 30 m	8 m

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El tramo que corresponde al sector entre la glorieta de la Casa de la Moneda y la glorieta del Aeropuerto, debido a la cercanía con el Aeropuerto Nacional Perales de la ciudad de Ibagué, se construirá con los postes de concreto de 20 y 24 metros de altura visible (Tabla 3-79), con el fin de evitar la interferencia con los espacios aéreos del aeropuerto; en especial con la superficie horizontal interna establecida por la OACI, en el convenio de la aviación civil internacional. Esta altura de los postes garantiza total coexistencia del Proyecto de la línea transmisión con la zona de influencia del Aeropuerto Nacional Perales y fue validada por la Concesionaria San Rafael y la Agencia Nacional de Infraestructura (soportes en ANEXO B.1 y C1).

Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.77. Diagrama general de las estructuras a emplear.



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

La Tabla 3-86 presenta el resumen de las intervenciones proyectadas sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF, de la Concesión San Rafael.

**Tabla 3-86. Resumen de las intervenciones más importantes sobre la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF, de la Concesión San Rafael.**

Tramo vial	Abscisa de la concesión	Long (m)	Descripción
N/A	N/A	N/A	Inicio del Proyecto en la subestación eléctrica
<b>Intersección Combeima – Glorieta El Rodeo. Ruta 40TLF</b>	PR0+700	45,52	Cruce subterráneo de la calzada Norte de la ruta 40TLF
	PR0+710 PR3+410	2.669,33	Este tramo corresponde a una Línea de Transmisión montada sobre postes metálicos de 40 metros de altura. Las llegadas a los tramos subterráneos tendrán una transición con postes de concreto y torrecilla metálica de 1 x 1
<b>Ruta 40TLF</b>	PR3+410	103,89	Cruce subterráneo de la glorieta el Rodeo desde la isleta de la salida hacia Armenia en el PR3+410 de la ruta 40TLF, hasta la isleta de la salida hacia Honda en el PR0+000 de la ruta 40TLG.
<b>Ruta 40TLG</b>	PR0+000		
<b>Glorieta El Rodeo – Glorieta Casa de la Moneda.</b>	PR0+000 PR1+710	1.775,06	Este tramo corresponde a una Línea de Transmisión montada sobre postes metálicos de 40 metros de altura. Las llegadas a los tramos subterráneos tendrán una transición con postes de concreto y torrecilla metálica de 1 x 1.
<b>Glorieta Casa de la Moneda. Ruta 40TLG</b>	PR1+710 PR1+930	215,9	Cruce subterráneo de la glorieta Casa de la Moneda, desde la isleta de la salida hacia Armenia, hasta el separador central después del Puente Peatonal en el PR1+930.
<b>Glorieta Casa de la Moneda – Glorieta Aeropuerto. Ruta 40TLG</b>	PR1+930 PR2+850	921,52	Este tramo corresponde a una Línea de Transmisión montada sobre postes de concreto de 20 y 23 metros de altura. Las llegadas a los tramos subterráneos serán con torrecillas metálicas de 1x1 y 21,1 metros de altura
<b>Ruta 40TLG</b>	PR2+850	47,86	Cruce subterráneo de la calzada Oriental de la ruta 40TLG

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### *3.2.4.1.3.8.1 Tramos del trazado de la línea en la zona urbana*

A partir de imágenes satelitales y visita de verificación en terreno durante el año 2021, se realizó un estudio detallado de la topografía e infraestructura más próxima a la porción urbana de la Línea de Transmisión. Los resultados de este inventario se presentan de manera detallada en el ANEXO C.11 y son representados gráficamente en la Figura 3.78, Figura 3.79, Figura 3.80 , diferenciados en tres tramos así:

1. Variante norte de Ibagué 40TLG – intersección Casa de La Moneda.
2. Variante norte de Ibagué 40TLG – intersección El Rodeo.
3. Variante Picaleña 40TLF.



Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.78. Tramo: Variante norte de Ibagué 40TLG – intersección Casa de La Moneda.



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.SP. (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

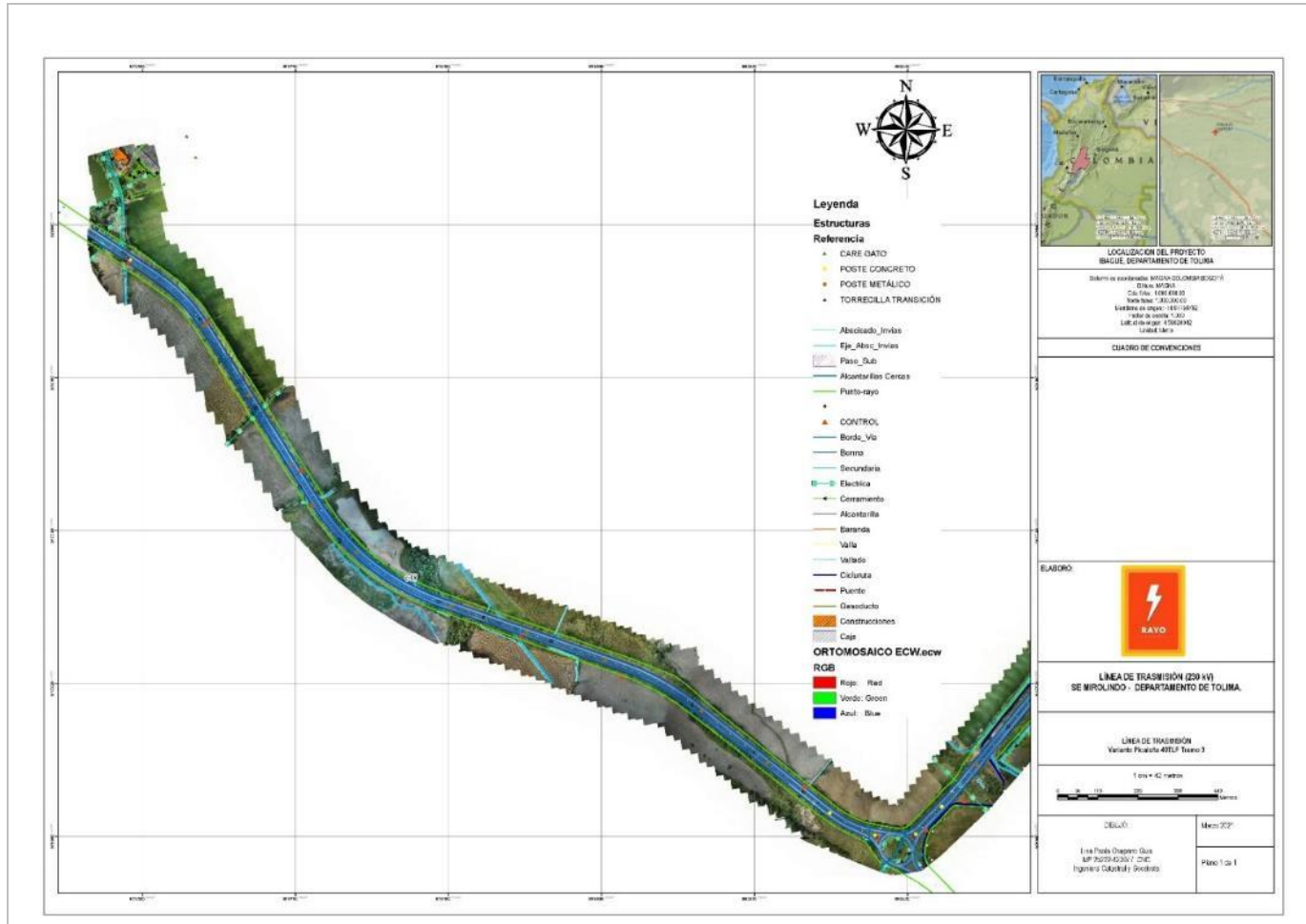
Figura 3.79. Tramo: Variante norte de Ibagué 40TLG – intersección El Rodeo



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.80. Tramo: Variante Picalaña 40TLF.



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

#### 3.2.4.1.3.8.2 Metodología de intervención para la línea aérea

Los trabajos preliminares para la porción aérea de la línea programan las siguientes actividades generales:

- Investigación de ubicación de redes de servicios públicos en cercanías del Proyecto. Trabajo que ya se ha adelantado y cuyos resultados se comparten en el ANEXO C.11.
- Topografía con equipos de alta precisión como estación total y/o GPS. Este estudio permitirá precisar los puntos diseñados para la instalación de los postes de concreto.
- Estudios geotécnicos en los puntos de las estructuras.
- Limpieza y rocería: en cada uno de los sitios demarcados se realizará un plateo con un diámetro equivalente al de la excavación, con el fin de limpiar la zona para facilitar los trabajos.

Posteriormente, se realizarán las excavaciones para instalación de postes y torres, para luego continuar con las cimentaciones, por lo que a continuación se presenta el detalle de estas actividades.

Armado y tendido de las líneas:

- El armado de los postes y la instalación del cable se hará mediante el uso de una grúa telescópica con canastilla.
- El primer paso es colocación de los herrajes y aisladores que soportarán las líneas. Esta actividad requiere de cierre temporal de un único carril en la calzada en la cual se colocará la grúa; sin embargo, como se explica en el título 3.2.4.1.3.10, el impacto de esta actividad sobre el tránsito vial no es significativo.
- Para completar el proceso del montaje de la red eléctrica se realizará el tensado y la fijación de los cables de alta tensión, este tensado se puede hacer con la ayuda de un Tirfo o malacate, la tensión máxima deberá ser como máximo el 25% de la resistencia a la rotura del cable. Luego de tener el cable tensado se procederá a la fijación de este.

#### 3.2.4.1.3.8.3 *Adecuación del Terreno (Remoción, Descapote, Explanación y Excavación) en sitios de torre y poste*

- **Descapote:** Consiste en la ejecución de los trabajos de movimiento de la capa orgánica del suelo en sitios de torre o postes y en las áreas de ampliación de subestaciones. Se utilizan medios manuales o mecánicos necesarios para la remoción del material del descapote, éste debe ser dispuesto y protegido adecuadamente para su posterior reutilización en la actividad de reconfiguración de sitios de torre o postes y otras áreas intervenidas que lo requieran.
- **Excavación y explanación en sitios de torre o poste:** Esta actividad comprende todas aquellas acciones que permiten alcanzar las cotas indicadas en los planos del Proyecto para las diversas estructuras a emplazar en él. La excavación puede ejecutarse a mano o con maquinaria, dando una conformación final al fondo de la excavación por medio de métodos manuales. Las paredes de la excavación se estabilizan con entibados presionados contra el terreno por gatos, cuñas o codales, que aseguran un íntimo contacto con el terreno y su inmovilidad. En excavaciones por debajo del nivel freático, se controla el flujo subterráneo de las aguas. La zona de trabajo de excavación corresponde básicamente al espacio disponible en el terreno en donde se proyecta la instalación de las torres de acuerdo con el trazado y donde se efectuarán todas las labores necesarias para la instalación de la red eléctrica.

Las excavaciones se realizarán en su mayoría por etapas, primero el descapote y luego la excavación propiamente dicha, retirando y almacenando separadamente la capa orgánica de suelo de la capa estéril o llamado material de excavación, dando una conformación final al fondo de esta por medio de métodos manuales. El suelo orgánico retirado será manejado y posteriormente reincorporado al suelo durante la actividad de reconfiguración de los sitios de torre o poste. El material de excavación será utilizado en el relleno posterior del área excavada alrededor de la cimentación.

Durante el tiempo que permanezca abierta la excavación, se adecuarán y aislarán los sitios, se utilizará señalización apropiada que impida el acceso a los sitios de trabajo.

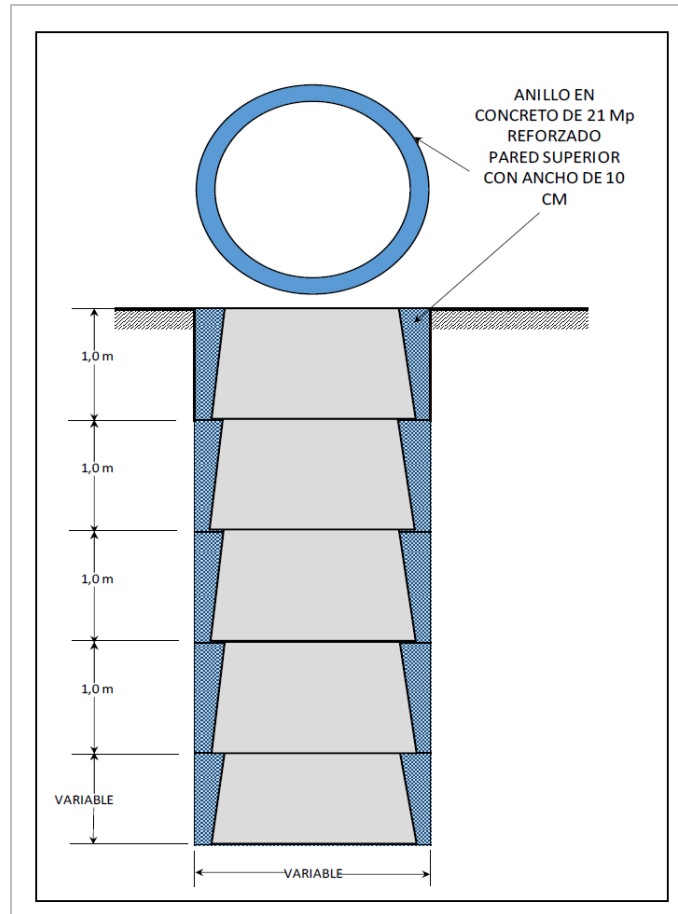
**Tabla 3-87. Cantidades de material de excavación y relleno de las cimentaciones de la Línea de Transmisión 230 kV.**

Tipo de estructura	Actividad	Unidad	Cantidad unitaria
<b>Excavaciones en sitios de torre y postes</b>	Excavación en suelo en sumergencia	m <sup>3</sup>	1635,59
	Relleno compactado suelo sumergido	m <sup>3</sup>	463,71

Fuente: IEB Ingeniería Especializada S.A.S. (2021).

Las excavaciones para instalación de postes y torrecillas, se realizará con la ayuda de anillos de sostenimiento (Figura 3.81). Este método evita que se presenten derrumbes y protege a los trabajadores que realizan manualmente la excavación, la cual se hace por etapas, en cada jornada se baja un metro y se protege ese mismo metro mediante el vaciado del anillo perimetral en concreto reforzado.

Figura 3.81. Método de excavación e instalación de postes.



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El poste deberá quedar empotrado en el terreno por lo que la excavación deberá ser entre 4,0 y 4,5 metros de profundidad para los postes de 24 metros y entre 4,0 y 5,0 metros de profundidad para los de 27 metros;

#### 3.2.4.1.3.8.4 Cimentación, Compactación y Relleno en Sitios de Torre

- **Cimentaciones:** Las cimentaciones o fundaciones consisten en la construcción de estructuras en concreto y acero, realizada en los sitios de apoyo de las torres o postes, por debajo de la superficie del terreno. El tipo de cimentación o fundación y sus profundidades dependen de la capacidad portante del terreno y peso de la estructura, por lo tanto, esta subactividad va acorde con el estudio de suelos, y medidas de resistividad realizadas para cada sitio de torre o poste.

El relleno consiste en la colocación y compactación de los materiales para las cimentaciones, la nivelación de estos con materiales provenientes de la misma excavación (cuando estos cumplen con las especificaciones y no se encuentran contaminados), o de otras fuentes de material autorizadas, en los sitios y con las dimensiones señaladas en los planos de construcción o indicadas por el interventor.

Para las labores de relleno y compactación se procede en principio a la obtención y garantía de una excavación seca y libre de agua, de lo contrario se deben utilizar materiales granulares y sistemas de compactación no convencionales. Como material de relleno se utiliza aquel que se encuentre libre de raíces, de materiales de desecho y de otros materiales que en su momento sean objetables. Se dispone en capas horizontales cuyo espesor máximo compactado lo debe definir diseño y se compacta utilizando pisones manuales o neumáticos.

- **Selección de Cimentaciones:** Para la determinación del tipo de cimentación a utilizar en los diferentes sitios de estructuras, se efectuará un estudio detallado de las características geotécnicas y fisicoquímicas de los suelos en cada uno de ellos. La geología general de la zona dará suficiente información para definir en primera instancia la estabilidad y características generales de los diferentes tipos de suelos existentes, de acuerdo con las características propias de las formaciones geológicas encontradas.

Dada la gran variedad de tipos de suelos que pueden encontrarse a lo largo del corredor ocupado por la línea, se efectuará una zonificación por valores de capacidad portante con el fin de unificar los diferentes tipos de cimentaciones que puedan resultar en el diseño. Es importante identificar la presencia de nivel freático, zonas inundables y determinar la composición química del suelo en relación con los elementos que puedan ser nocivos para el concreto o el acero de refuerzo y pernos de anclaje.



- **Criterio de selección de cimentación:** Se realizó el diseño para las distintas alturas de pedestal sobre el nivel del terreno y para las condiciones de capacidad portante del suelo y tipo de suelo de acuerdo con lo indicado en el estudio de suelos a realizar. El diseño de concreto reforzado se realizará con base en la teoría del método de rotura, a partir de los esfuerzos calculados con las cargas últimas. Para diseños tipos se realizan considerando una resistencia mínima del concreto  $f'c$  de 21 MPa.

Seguidamente en la Tabla 3-88 se presenta las cantidades de materiales para cimentaciones tipo de torres y postes

**Tabla 3-88. Cantidades de material para cimentaciones tipo de la Línea de Transmisión 230 kV.**

Tipo de estructura	Actividad	Unidad	Cantidad unitaria
<b>Excavaciones en sitios de torre y poste</b>	Excavación en suelo en sumergencia	m <sup>3</sup>	1635,59
	Relleno compactado suelo sumergido	m <sup>3</sup>	463,71
	Concreto $f'c=21$ MPa	m <sup>3</sup>	1156,66
	Acero de refuerzo $f_y = 420$ MPa	kg	68739,78
	Concreto Solado $f'c=14$ MPa	m <sup>3</sup>	23,6

Fuente: IEB Ingeniería Especializada S.A.S. (2021).

El diseño de las cimentaciones de torres y postes, se realizará teniendo en cuenta, las cargas de diseño y las cargas de trabajo, las primeras utilizadas para la definición del refuerzo de la estructura, y la segunda para la estabilidad de la estructura.

Los cálculos se realizarán para diferentes capacidades portantes que varían entre 140 kPa y 700 kPa, dependiendo de la profundidad y dimensiones de la cimentación. El análisis de estabilidad se realizó tomando como teoría base el volumen del cono de arranque.

El diseño se realizará para trabajar con cargas en el sentido del montante, es decir con el mismo ángulo de inclinación de éste, debido a que así son las reacciones que llegan a la cimentación. El dimensionamiento será de modo que ésta cumpla con tres criterios

de diseño; momento debido al arranque ( $FS > 1.5$ ), carga crítica por volcamiento ( $FS > 1.5$ ) y capacidad portante ( $FS > 1.0$ ).

Para el diseño de las cimentaciones aisladas, se simula el comportamiento de ésta al ser sometida a cargas de trabajo para las verificaciones de arrancamiento, compresión, volteo y cargas de diseño para la parte estructural.

Para el caso de la cimentación en torrecillas y postes metálicos (Fuente: IEB Ingeniería Especializada S.A.S. (2021).

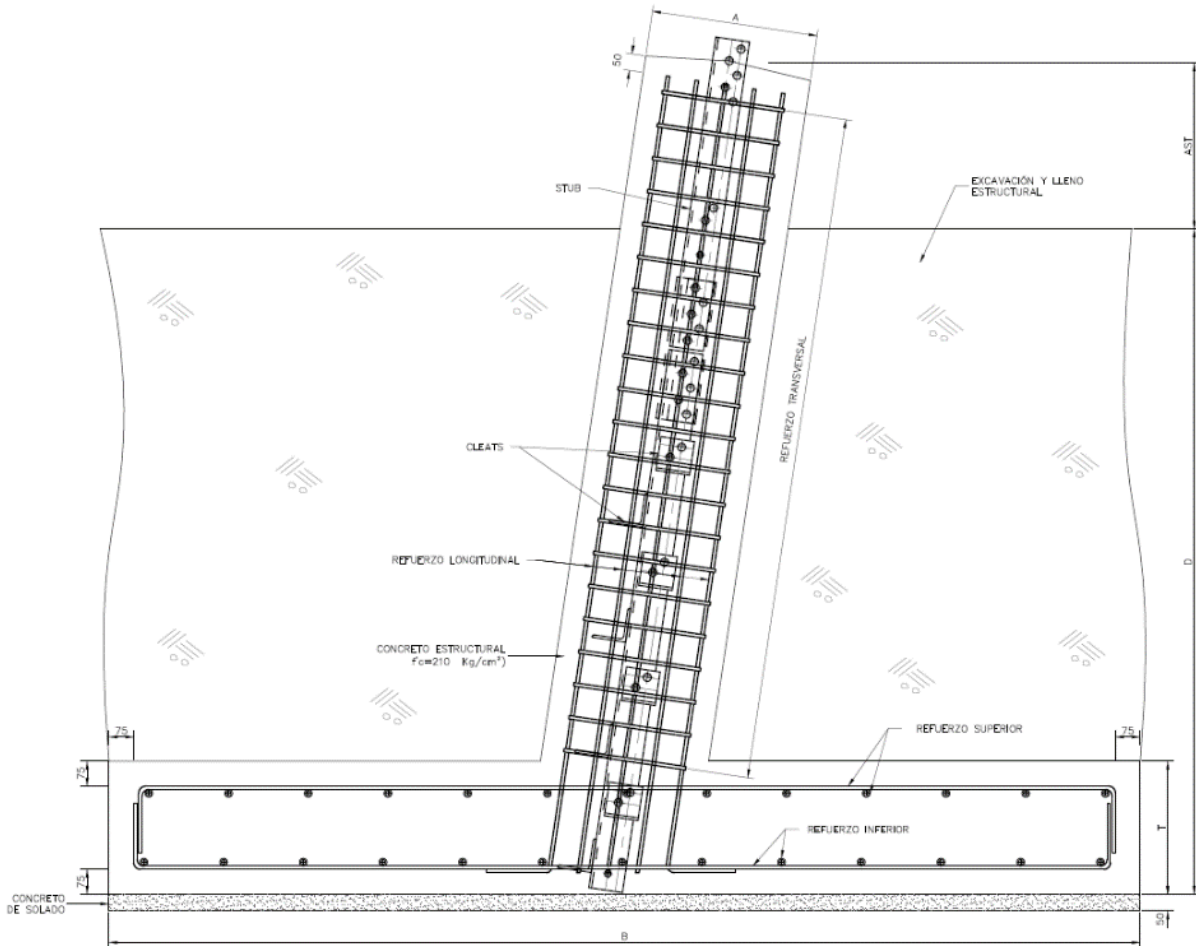
Figura 3.83) el procedimiento es el siguiente:

- Luego de verificada la excavación se procederá a la colocación del acero de refuerzo, conformado por varillas corrugadas de acero con  $f'y = 420$  MPa.
- Antes del vaciado del concreto se deberá dejar perfectamente localizada la mesa de apoyo, tanto para el poste de acero como para la torrecilla; esta mesa deberá ir con los pernos que posteriormente servirán para soportar la estructura.
- El vaciado de concreto se podrá hacer con la ayuda de una tubería tipo tremie, con el fin de evitar la segregación de este. El concreto a emplear deberá tener una resistencia a la compresión  $\geq 21$  MPa.
- Finalmente, con la ayuda de la grúa se procederá a instalar los postes metálicos o a realizar el armado de las torrecillas.
- Todas las estructuras metálicas deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en los protocolos de producción de dichos materiales.
- En la fijación de las estructuras a la base, se deberá revisar que los torques de los pernos concuerden con los establecidos en los diseños estructurales.

A continuación, se presenta diseños de cimentación tipo junto con sus características, para cada tipo de estructura soporte a emplear en el Proyecto

Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.82. Esquema general de la cimentación para Torres Care Gato – Cimentación Tipo Zapata.

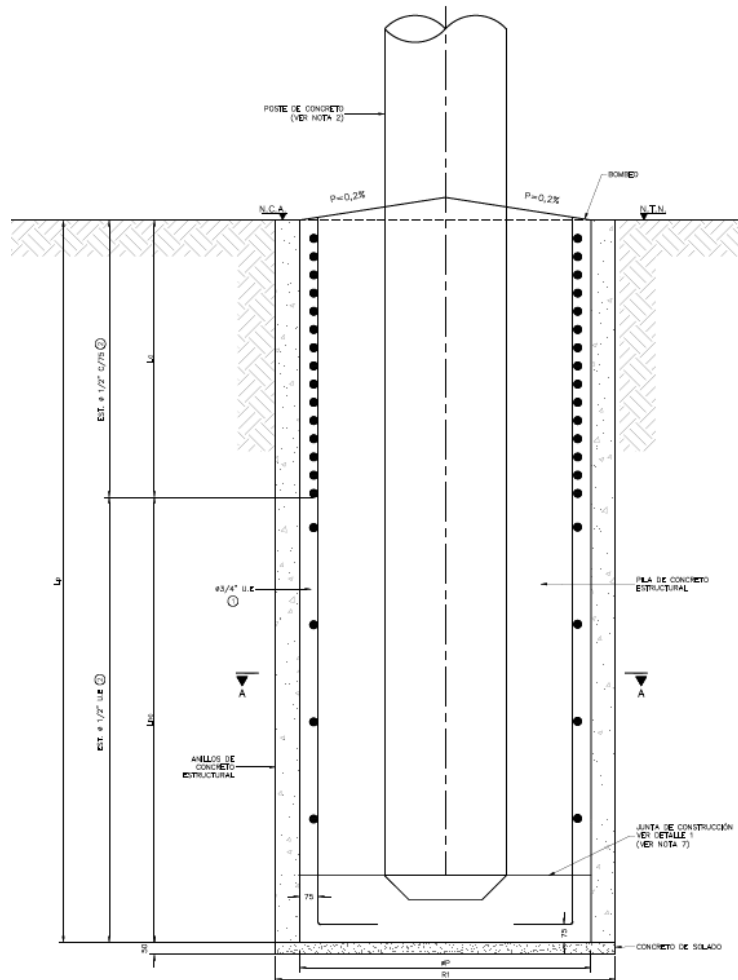


CANTIDADES CIVILES PARA TORRES CAREGATO DE LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN DEL PROYECTO EL ESCOBAL 230 kV			
TIPO DE TORRE CAREGATO	SUSPENSIÓN	RETENCIÓN	TERMINAL
CONDICIÓN DEL SUELO	NO SUMERGIDO		
ALTURA PEDESTAL, AST (mm)	250	250	250
CAPACIDAD PORTANTE kpa	240	240	240
LADO DE LA ZAPATA B (mm)	2000	2700	3000
PROFUNDIDAD D (mm)	1900	2900	2900
ESPESOR DE LA ZAPATA T (mm)	400	400	400
LADO DEL PEDESTAL A (mm)	700	700	700
EXCAVACIÓN (m <sup>3</sup> )	7.80	21.51	26,55
RELLENO (m <sup>3</sup> )	5.27	17.00	21.28
CONCRETO (m <sup>3</sup> )	2.46	4.26	4.95
ACERO REFUERZO (kg)	387.04	444.62	428.28
CONCRETO PARA SOLADO (m <sup>3</sup> )	0.20	0.36	0.45

Ibagué y Piedras (Tolima)

Fuente: IEB Ingeniería Especializada S.A.S. (2021).

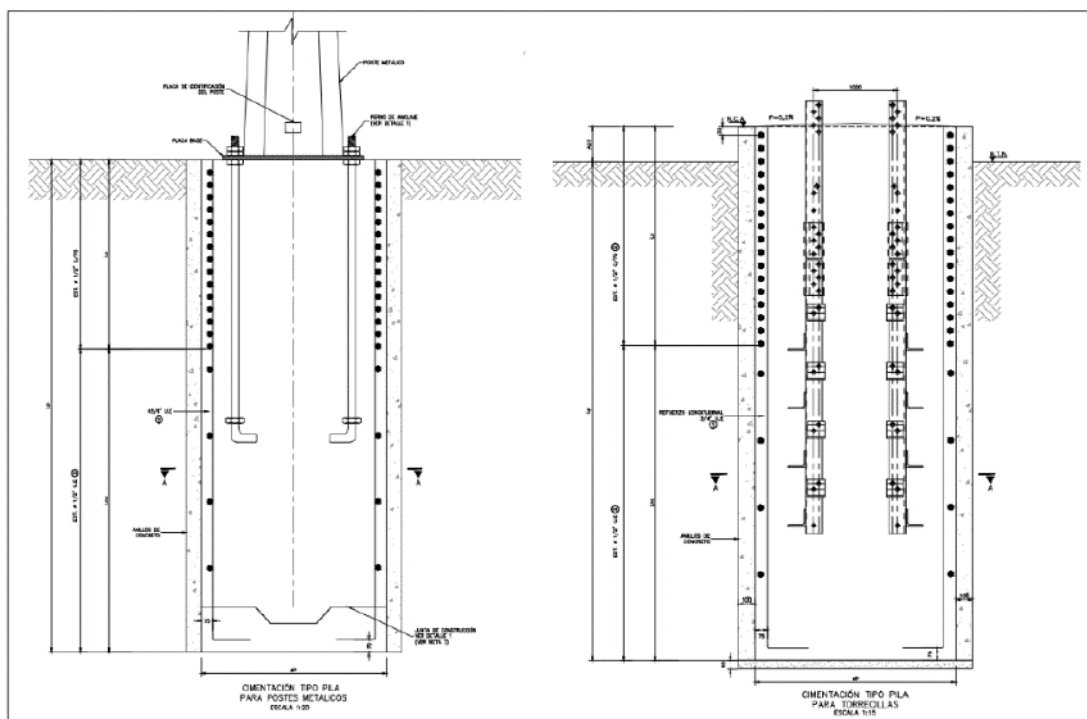
Figura 3.83. Esquema general de la cimentación para postes de concreto



CANTIDADES CIVILES PARA LOS POSTES DE LA LINEA DE INTERCONEXIÓN DEL PROYECTO EL ESCOBAL 230 kV						
TIPO DE POSTE	SUSPENSIÓN	SUSPENSIÓN	RETENCIÓN	RETENCIÓN	TERMINAL	TERMINAL
ALTURA DEL POSTE (mm)	24000.00	27000.00	24000.00	27000.00	24000.00	27000.00
DIÁMETRO INTERNO DE LA PILA, φP (mm)	1700.00	2000.00	1500.00	2500.00	2000.00	2000.00
LONGITUD EMPOTRADA DE LA PILA, Lp (mm)	4000.00	4000.00	4000.00	3800.00	4500.00	5000.00
DIÁMETRO DEL ANILLO R1 (mm)	1900.00	2200.00	1700.00	2700.00	2200.00	2200.00
LONGITUD DE ACERO CONFINADO, Lc (mm)	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
LONGITUD DE ACERO NO CONFINADO, Lnc (mm)	2800.00	2800.00	2800.00	2600.00	3300.00	3800.00
EXCAVACIÓN, (m³)	9.08	12.57	7.07	18.65	14.14	15.71
CONCRETO (m³)	8.92	12.41	6.97	18.15	13.63	15.21
CONCRETO ANILLOS (kg)	2.26	2.64	2.01	3.10	2.97	3.30
ACERO REFUERZO (kg)	525.71	703.58	432.61	995.12	772.37	847.39
ACERO REFUERZO ANILLOS (kg)	112.00	125.12	101.09	152.35	147.09	149.15
CONCRETO PARA SOLADO (m³)	0,11	0,16	0,09	0,25	0,16	0,16

Fuente: IEB Ingeniería Especializada S.A.S. (2021).

Figura 3.84. Esquema general de la cimentación para postes de acero y torrecillas.



CANTIDADES CIVILES PARA TORRECILLAS DE LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN DEL PROYECTO EL ESCOBAL 230 kV

TIPO DE ESTRUCTURA	TORRECILLAS
ALTURA SOBRE EL TERRENO (mm)	2000.00
DIÁMETRO INTERNO DE LA PILA, $\phi P$ (mm)	2000.00
LONGITUD EMPOTRADA DE LA PILA, $L_p$ (mm)	2500.00
DIÁMETRO DEL ANILLO R1 (mm)	2200.00
LONGITUD DE ACERO CONFINADO, $L_c$ (mm)	1200.00
LONGITUD DE ACERO NO CONFINADO, $L_{nc}$ (mm)	3300.00
EXCAVACIÓN, ( $m^3$ )	14.14
CONCRETO ( $m^3$ )	14.03
CONCRETO ANILLOS (kg)	1.65
ACERO REFUERZO (kg)	772.37
ACERO REFUERZO ANILLOS (kg)	115.31
CONCRETO PARA SOLADO ( $m^3$ )	0.16

Ibagué y Piedras (Tolima)

CANTIDADES CIVILES PARA LOS POSTES METÁLICOS DE LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN DEL PROYECTO EL ESCOBAL 230 kV		
TIPO DE POSTE	SUSPENSIÓN	TERMINAL
ALTURA DEL POSTE (mm)	40000.00	40000.00
DIÁMETRO INTERNO DE LA PILA, $\phi P$ (mm)	3800.00	3500.00
LONGITUD EMPOTRADA DE LA PILA, $L_p$ (mm)	3800.00	4500.00
DIÁMETRO DEL ANILLO R1 (mm)	4000.00	3700.00
LONGITUD DE ACERO CONFINADO, $L_c$ (mm)	1200.00	1200.00
LONGITUD DE ACERO NO CONFINADO, $L_{nc}$ (mm)	2600.00	3300.00
EXCAVACIÓN, (m <sup>3</sup> )	43.10	43.30
CONCRETO (m <sup>3</sup> )	43.10	43.30
CONCRETO ANILLOS (kg)	4.66	5.09
ACERO REFUERZO (kg)	2130.38	2120.26
ACERO REFUERZO ANILLOS (kg)	226.43	223.16
CONCRETO PARA SOLADO (m <sup>3</sup> )	0.57	0.48

Fuente: IEB Ingeniería Especializada S.A.S. (2021).

En el Anexo C.12, se puede detallar los planos y diseños de las cimentaciones posibles a utilizar para las torres, postes y torrecillas de la Línea de Transmisión 230 kV.

#### 3.2.4.1.3.8.5 Montaje y vestida de estructuras

##### ➤ Torres Care Gato y Torrecillas

Las torres constituyen los elementos de soporte de los cables conductores de la línea eléctrica y sus dimensiones dependen de diversos factores (previstos en diseño), tales como disposición de conductores (triangular, horizontal, vertical), distancia entre conductores, dimensiones y formas de los aisladores, flechas de los conductores, alturas de seguridad (muy importantes cuando hay cruces con otra infraestructura o con cuerpos de agua, función mecánica, forma de soportar las cargas, etc.).

El montaje de las torres Care Gato y torrecillas refiere al pre-armado, izado y acople de todos los elementos que hacen parte de la superestructura que reposará sobre la cimentación. Este montaje y vestidas de torre incluye los aisladores y herrajes, entre otros elementos necesarios para la operación de la Línea de Transmisión. Posterior al montaje de la torre se instalan las cadenas de aisladores de suspensión, los cuales pueden ser de porcelana, vidrio o poliméricos y finalmente se instalan las poleas, esta actividad requiere

de cierre temporal de un carril en la calzada en la cual se colocará la grúa. La construcción y montaje de las torres puede desarrollarse de dos (2) formas: 1. Izando piezas una a una y realizando su montaje sobre la propia torre mediante pluma, o 2. Realizando un armado previo de la estructura en el suelo y su posterior izado mediante grúas, grúas telescópicas con canastilla y plumas de tipo pesado. Los materiales que se utilizan en la fabricación de las estructuras son el acero y el aluminio.

En términos generales, en el sitio de torre se arma la parte inferior de la torre y algunos ángulos antes de iniciar el montaje. Posteriormente, se realiza el montaje de estructuras, iniciando por los ángulos que han de quedar bañados en concreto, se soportan en la posición apropiada por medio de una plantilla de acero articulada. La plantilla de armada de los ángulos de espera debe quedar independiente del suelo y contar con algún sistema que permita levantarla en caso de que durante la colocación del concreto se detecte desnivelación en los ángulos. Posterior al montaje de la torre se instalan las cadenas de aisladores de suspensión y las poleas.

El primer paso es colocación de los herrajes y aisladores que soportarán las líneas. Esta actividad requiere de cierre temporal de un carril en la calzada en la cual se colocará la grúa.

### ➤ **Colocación de los postes**

Los postes de concreto y de acero se colocarán con la ayuda de una grúa telescópica de 30 toneladas, inicialmente la grúa descargará el poste al lado del agujero previamente realizado y posteriormente procederá al izaje del poste y a su colocación dentro del agujero, a la par con la instalación del poste se deberá montar el sistema de puesta a tierra.

El poste deberá quedar empotrado en el terreno entre 4.0 y 4.5 metros para los postes de 24 metros y entre 4.0 y 5.0 metros para los de 27 metros, se apoyará sobre una capa de concreto reforzado de 20 centímetros de espesor. Una vez se tenga el poste

perfectamente plomado, se procederá colocar la armadura de acero y a rellenar con concreto.

#### *3.2.4.1.3.8.6 Áreas de Trabajo Para construcción de la Línea de Transmisión 230kV*

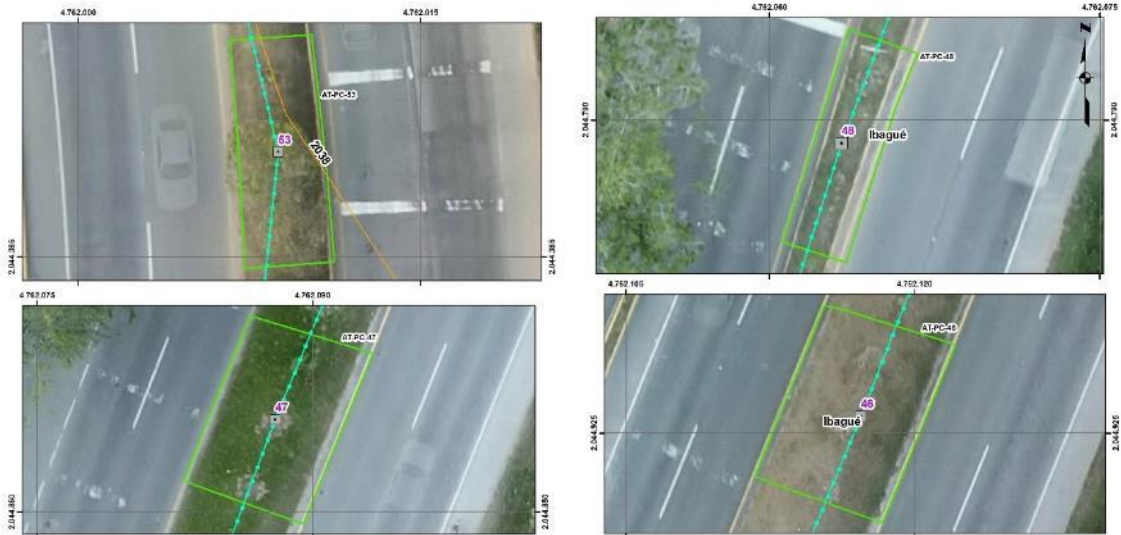
Las áreas de trabajo a utilizar para la construcción e instalación de Torres Care Gato, Torrecillas y Postes Metálicos y de Concreto, tendrán el área suficiente para el acopio de los materiales y equipos requeridos, así como para las maniobras de trabajo requerida, las cuales se pueden ubicar su distribución a lo largo de la Línea de Transmisión seguidamente en la Figura 3.85.



Figura 3.85. Localización Áreas de Trabajo para la Línea de Transmisión



Ibagué y Piedras (Tolima)



**"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA"**  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

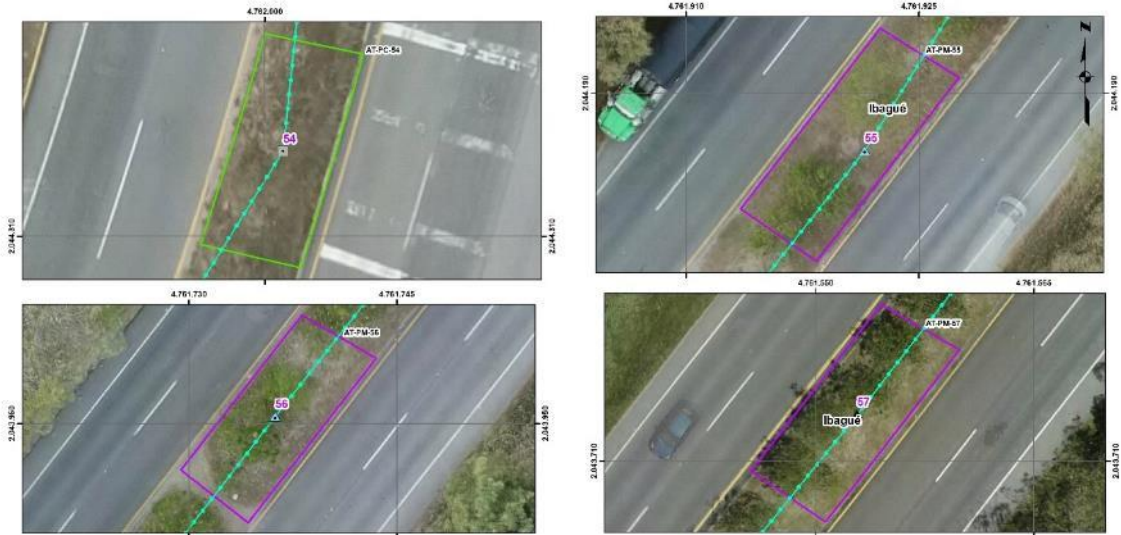
**AT-PC-53-48-47-46**

PROYECCIÓN: SISTEMA SIRGAS Open Meridiano  
DATUM: D. IBAGUÉ  
FUENTE: ELABORACION PROPIA



**SIMBOLOGÍA**

- Ventana 1: Línea Eléctrica 230 Kv, Poste Concreto, Curva de Vitrío, Área de trabajo Poste de Concreto
- Ventana 2: Línea Eléctrica 230 Kv, Poste Concreto, Área de trabajo Poste de Concreto
- Ventana 3: Poste Concreto, Línea Eléctrica 230 Kv, Área de trabajo Poste de Concreto
- Ventana 4: Poste Concreto, Línea Eléctrica 230 Kv, Área de trabajo Poste de Concreto



**"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA"**  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**AT-PC-54-55-56-57**

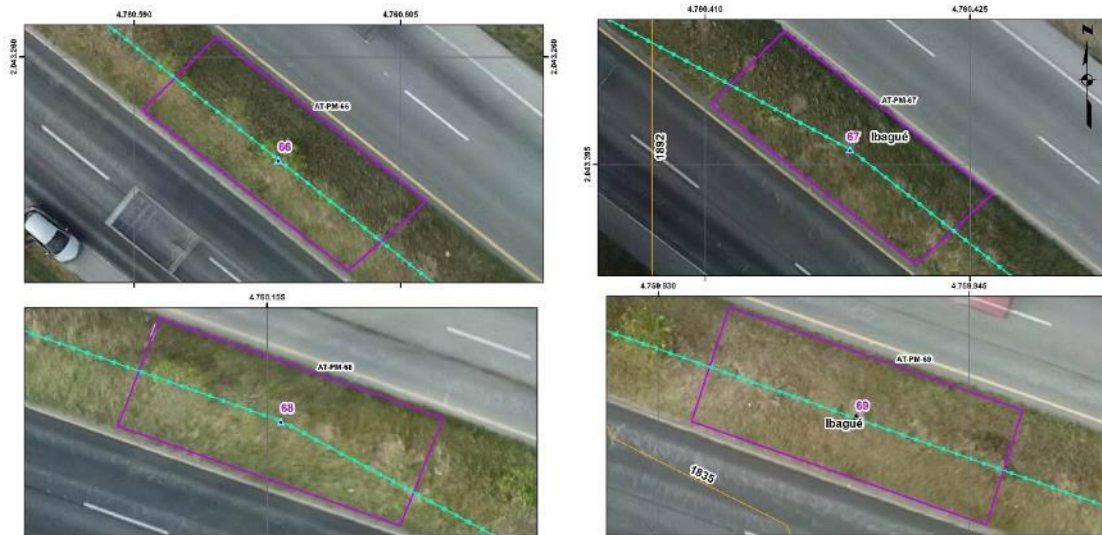
PROYECCIÓN: SISTEMA SIRGAS Open Meridiano  
DATUM: D. IBAGUÉ  
FUENTE: ELABORACION PROPIA



**SIMBOLOGÍA**

- Ventana 1: Línea Eléctrica 230 Kv, Poste Concreto, Área de trabajo Poste de Concreto
- Ventana 2: Línea Eléctrica 230 Kv, Poste Metálico, Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 3: Poste Metálico, Línea Eléctrica 230 Kv, Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 4: Poste Metálico, Línea Eléctrica 230 Kv, Área de Trabajo poste Metálico

Ibagué y Piedras (Tolima)



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**AT-PC-66-67-68-69**

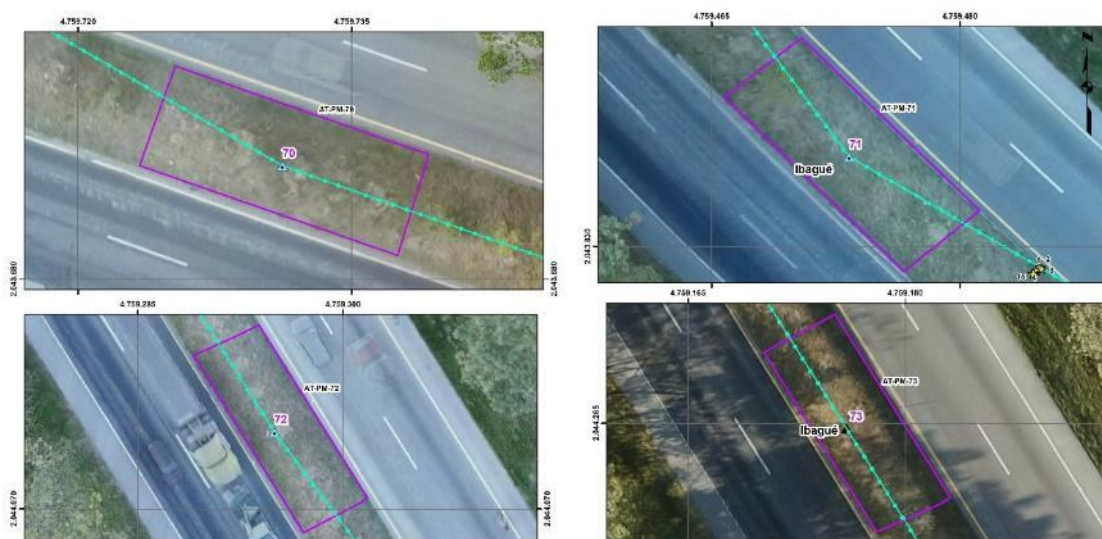
PROYECCIÓN: SISTEMA SIGRAG Open (Nacional)  
DATUM: D. BOGOTÁ  
FUENTE: ELABORACION PROPIA

**natura**  
medio ambiente

**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGÍA**

- Ventana 1**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 2**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Curva de Nivel
  - Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 3**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 4**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Área de Trabajo poste Metálico



"PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI - LA"  
MUNICIPIOS DE IBAGUÉ Y PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE TOLIMA, COLOMBIA

**AT-PC-70-71-72-73**

PROYECCIÓN: SISTEMA SIGRAG Open (Nacional)  
DATUM: D. BOGOTÁ  
FUENTE: ELABORACION PROPIA

**natura**  
medio ambiente

**OPERADORA SHANGRI-LA**  
S.A.S E.S.P

**SIMBOLOGÍA**

- Ventana 1**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 2**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Vértice Plano de Tendido
  - Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 3**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Área de Trabajo poste Metálico
- Ventana 4**
  - Línea Eléctrica 230 Kv
  - Poste Metálico
  - Área de Trabajo poste Metálico

Ibagué y Piedras (Tolima)



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

En el Anexo C.2, se relaciona la información más relevante de las condiciones del terreno de estas áreas de trabajo requeridas de manera temporal, y en la siguiente Tabla 3-89 se presenta su descripción, área en metros cuadrados y ubicación político-administrativa.

**Tabla 3-89. Áreas y Ubicación de las áreas de trabajo para la Línea de Transmisión**

ID Áreas de Trabajo	Descripción	Área (m2)	Unidad Territorial	Municipio
AT-PC-35	Área de trabajo Poste de Concreto	47,30	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
AT-TM-36-PHD	Área de trabajo Torrecilla	15,87	Vereda Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ
AT-PC-38-TM-37-PHD	Área de trabajo Poste Concreto-Torrecilla-PHD	80,10	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
AT-PC-40	Área de trabajo Poste de Concreto	55,08	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
AT-PC-41	Área de trabajo Poste de Concreto	58,59	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID Áreas de Trabajo	Descripción	Área (m2)	Unidad Territorial	Municipio
<b>AT-PC-42</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	63,35	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-43</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	63,73	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-44</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	63,73	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-45</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	63,73	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-46</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	69,57	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-47</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	68,38	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-48</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	31,18	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-49-TM-50-PHD</b>	Área de trabajo Poste Concreto-Torrecilla-PHD	55,09	Barrio Picalaña	IBAGUÉ
<b>AT-PC-52-TM-51-PHD</b>	Área de trabajo Poste Concreto-Torrecilla-PHD	76,02	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-53</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	37,70	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PC-54</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	45,23	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PM-55</b>	Área de Trabajo poste Metálico	88,09	Zonas adyacentes comuna 9	IBAGUÉ
<b>AT-PM-56</b>	Área de Trabajo poste Metálico	89,94	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-57</b>	Área de Trabajo poste Metálico	91,77	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-58</b>	Área de Trabajo poste Metálico	84,81	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-59</b>	Área de Trabajo poste Metálico	88,94	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PC-60</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	64,03	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PC-6-TM-62-PHD</b>	Área de trabajo Poste Concreto-Torrecilla-PHD	102,69	Vereda Aparco	IBAGUÉ

ID Áreas de Trabajo	Descripción	Área (m2)	Unidad Territorial	Municipio
<b>AT-PC-65</b>	Área de trabajo Poste de Concreto	60,68	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-66</b>	Área de Trabajo poste Metálico	86,09	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-67</b>	Área de Trabajo poste Metálico	86,13	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-68</b>	Área de Trabajo poste Metálico	87,22	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-69</b>	Área de Trabajo poste Metálico	87,17	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-70</b>	Área de Trabajo poste Metálico	86,19	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-71</b>	Área de Trabajo poste Metálico	87,26	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-72</b>	Área de Trabajo poste Metálico	79,33	Vereda Aparco	IBAGUÉ
<b>AT-PM-73</b>	Área de Trabajo poste Metálico	82,44	Vereda Alto Combeima	IBAGUÉ
<b>AT-PM-74</b>	Área de Trabajo poste Metálico	85,49	Vereda Alto Combeima	IBAGUÉ
<b>AT-PC-75-TM-76-PHD</b>	Área de trabajo Poste Concreto-Torrecilla-PHD	93,53	Vereda Alto Combeima	IBAGUÉ
<b>AT-TM-77-PHD</b>	Área de trabajo Torrecilla	19,91	Vereda Alto Combeima	IBAGUÉ

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

En el caso de las torres Care Gato, las áreas de trabajo serán las mismas áreas permanentes de los sitios de torres, donde la mayoría es de 15x15 metros (algunas tienen dimensiones menores adaptadas a la zona de ubicación y restricciones ambientales), presentadas en la Tabla 3.52, y en el Anexo C.8 se presentan las figuras con el detalle de cada sitio de torre.

#### 3.2.4.1.3.8.7 *Tendido e izado del conductor*

Una vez realizado el montaje de las estructuras de soporte y el despeje necesario de la vegetación, se procede a la riega del pescante y conductor, para lo cual se hacen pasar por poleas ubicadas en las estructuras de soporte y se riegan a mano, manilas pilotos o mensajeros livianos (Debido a que el conductor no debe tocar el suelo), con los cuales se halan los pescantes de acero. Las cuadrillas de riega dejan el pescante levantado y listo para iniciar el tendido de los cables.

El cable piloto se une a un winche o malacate en la estación de llegada o plaza de tendido. El malacate hala el cable piloto que está unido al pescante y al conductor mientras en la estación de salida (anterior plaza de tendido) un freno controla la velocidad y la tensión del conductor.

Generalmente el tendido del conductor se realiza por el método de "tensión controlada" utilizando equipos de tensionado con tambor revestido de neopreno. El freno es accionado por un sistema que efectivamente disminuya el riesgo de daño a los conductores.

El equipo de tensionado debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Los conductores no deben tocar el suelo durante el proceso de riega y tendido.
- La tensión debe mantenerse constante.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son las siguientes:

- Pescantes de acero
- Conductor
- Poleas
- Estructuras de soporte
- Manilas pilotos o mensajeros livianos
- Cable piloto
- Malacate de llegada
- Freno

- Equipo menor
- **Condiciones básicas para el tensionado:** A continuación, se presentan las tensiones con las cuales se realizaron las tablas de tendido de los cables conductores y cable de guarda. La tensión diaria promedio del cable de guarda se fijará para garantizar una flecha del orden del 85% al 90% de la del conductor.

**Tabla 3-84. Tensiones de los cables y conductores de la Línea de Transmisión 230kV**

Ítem	Tensión	
	Conductor Aéreo ACAR 800	Cable de Guarda OPGW
<b>Condición diaria promedio (EDS)</b>	20 % TR	10.7 % TR
<b>Tensión con temperatura mínima y condición inicial</b>	33 % TR	33.0 % TR

Fuente: HVM Ingenieros Ltda. (2021).

- **Recomendaciones generales para el tendido**
  - Antes de iniciar cualquier maniobra de tendido, es importante revisar que todos los elementos y tornillos que componen la torre estén correctamente instalados. La ausencia de elementos provoca la inestabilidad de la estructura al igual que la falta de apriete en los tornillos.
  - Realizar el tendido de la torre de manera equilibrada, 1° la fase superior derecha, luego la fase superior izquierda, así sucesivamente 1 fase de cada lado.
  - No se deben superar las cargas del árbol de carga.
  - En los casos en que se usen los templetos, conectarlos a la punta de las crucetas y ubicarlos a un ángulo de inclinación con la vertical superior a 35°.
  - La posición del malacate más recomendable es sobre el alineamiento con el eje de la Línea, para que así se logre evitar cargas transversales sobre la estructura de retención durante el tendido.



- Es responsabilidad del constructor encargado, revisar la correspondencia de distancias entre vanos de estructuras y en caso de encontrar diferencias de longitud solicitar la respectiva corrección de los cálculos a su contratista de diseño.
- En caso de que se requiera por cualquier circunstancia reubicar una estructura en la etapa de construcción, es necesario recalcular las tablas de tendido del tramo afectado con las nuevas condiciones.

➤ **Cruces de corrientes de aguas superficiales:**

Durante la construcción, específicamente para la actividad de tendido de cable, con el fin de no generar afectaciones sobre cuerpos de agua superficiales principales, el cruce se realizará mediante drones o con la utilización de pórticos de madera provisionales.

En los casos en los que se requiera realizar el tendido de cables para el cruce de cuerpos de agua lóticos y lénticos, el procedimiento también será con tensión controlada y para evitar que el cable guía, cable de guarda, la manila, el cable mensajero o los conductores entren en contacto con los cuerpos de agua, se utilizarán pórticos que pueden ser en madera o en tubería metálica, para ser instalados a cada lado del cuerpo de agua a cruzar, como se presenta en la Fotografía 3-60.

**Fotografía 3-60 Pórticos provisionales para el tendido de cables en cruce de cuerpos de agua**



Fuente: HMV Ingenieros Ltda. (2018) Intercepción con cuerpos hídricos superficiales.

De acuerdo con los diseños, los vanos de la Línea de Transmisión que cruzan cuerpos de agua guardarán las distancias de seguridad establecidas en el RETIE para dichos cuerpos de agua, así como las rondas de protección definidas en la zonificación de manejo como zonas de exclusión. Previo a la actividad de tendido del cable, con el fin de determinar el método de cruce, se realizará una verificación de los cuerpos de agua que presentan bosque ripario o no. El tendido del cable en cruces de cauces que no presentan bosque ripario, o que este no sea muy extenso, será con tensión controlada y para evitar que el cable guía (manila o guaya de acero), cable pescante o mensajero y cables conductores entren en contacto con los cuerpos de agua, se utilizarán pórticos provisionales que pueden ser en madera o en tubería metálica, para ser instalados a cada lado del cuerpo de agua a cruzar.

En cauces que presentan bosques de galería o ripario, se puede emplear vehículo aéreo no tripulado (VANT), UAV (del inglés unmanned aerial vehicle) comúnmente conocido como "dron". El dron es dirigido de forma remota desde tierra, por lo cual no hay

necesidad de despejar la franja de servidumbre para este fin,, en estos casos se le fija un hilo guía al dron que es dirigido por el aire hasta la estructura que se requiera; en dicha estructura se encuentra un operario que se encarga de soltar la guía del dron y pasarla por la polea y engancharla de vuelta al dron para que este se dirija a la torre siguiente, de esta manera el proceso se repite las veces que sea necesario, una vez la guía se encuentre en la plaza de tendido se procede a halar la manila y con esta el cable pescante o mensajero.

Es de aclarar que, en algunos casos será necesario realizar actividades de poda o rocería sobre las coberturas vegetales, de manera que se realice el tendido de cable de manera óptima y se garanticen las distancias de seguridad de acercamiento al conductor establecidas en el RETIE para la etapa operativa, y se establecerá en las medidas de manejo la frecuencia de las podas a realizar en las actividades de mantenimiento.

#### ➤ Cruces con vías:

Para los cruces con vías se emplean igualmente protecciones constituidas por pórticos de madera o metálicos. Su ejecución requiere una planificación previa con el fin de evitar inconvenientes cuando se esté realizando el tendido. A continuación, se presenta un esquema de las protecciones empleadas

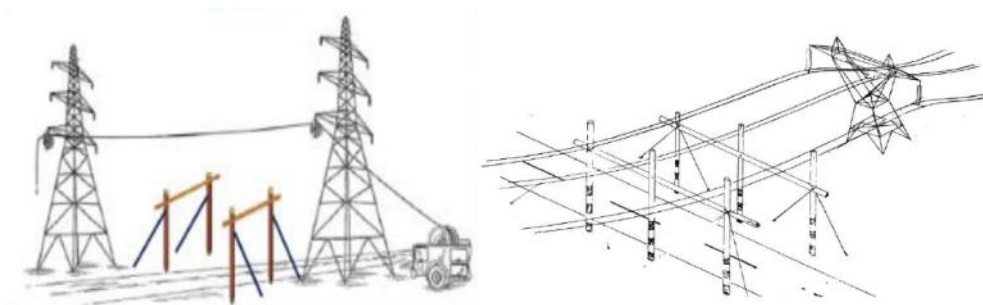


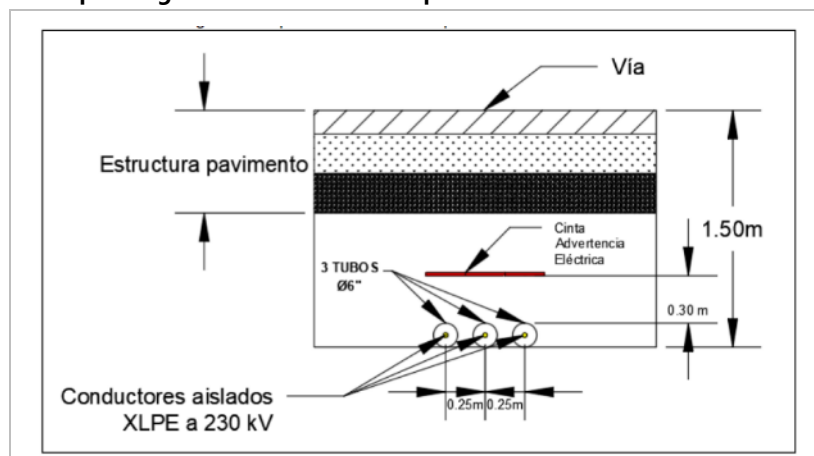
Figura 3.86. Protección Cruce de Vías

### 3.2.4.1.3.9 Esquema de la parte subterránea

Con el fin de evitar los cruces de la línea eléctrica sobre las vías de la concesión San Rafael y pasos peatonales, se validó con la ANI la construcción de la línea eléctrica subterránea en estos sectores (ver soporte en ANEXO B.1). Para evitar la excavación de la zanja a cielo abierto, se empleará el método de excavación dirigida, con el fin de no interrumpir el tránsito completo de vehículos en ningún momento (ver numeral 3.2.4.1.3.10) y evitar el contacto con la estructura del pavimento en las calzadas. Para garantizar la mínima afectación sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF de la Concesión San Rafael, los tramos subterráneos propuestos son cuatro, como se describen en la Figura 3.90.

La excavación de la parte subterránea se realizará mediante el sistema de perforación subterránea dirigida, método de excavación sin zanja; este método consiste en realizar la excavación de un agujero teledirigido y posteriormente se introduce la tubería en el sentido inverso, sin realizar ninguna interferencia en superficie, más allá de las excavaciones al inicio y al final de cada tramo (Figura 3.87). Con la aplicación de esta metodología, no se afectará el tránsito vehicular de la vía (ver numeral 3.2.4.1.3.10), ni tampoco habrá ningún tipo de intervención con la estructura que conforma el pavimento.

**Figura 3.87. Esquema general de la sección típica en la zona de intervención subterránea.**



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

Seguidamente en la Figura 3.88 se puede observar la localización de los tramos subterráneos de la Línea de Transmisión 230 kV, y sus coordenadas de inicio y fin, así como sus abscisas se puede detallar en la Tabla 3.52

Ibagué y Piedras (Tolima)

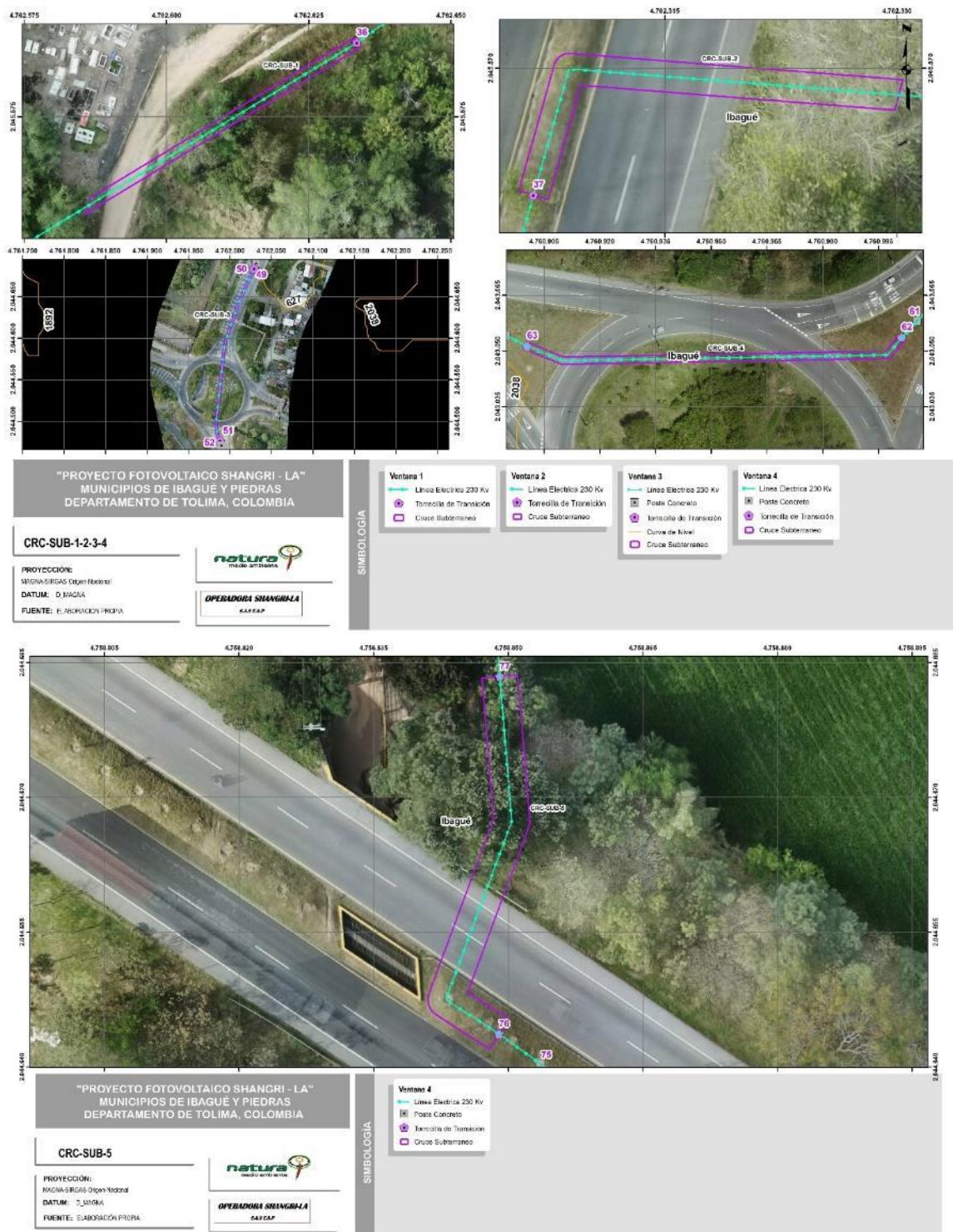


Figura 3.88. Localización de Tramos Subterráneos de la Línea de Transmisión 230 kv

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Tabla 3-91. Coordenadas de localización de los polígonos de los tramos subterráneos de la Línea de Transmisión 230kV

CRC-SUB-1			CRC-SUB-3			CRC-SUB-5		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
1	4762629,04	2045584,19	1	4761989,08	2044476,74	1	4758848,36	2044667,61
2	4762629,02	2045584,18	2	4761988,12	2044476,48	2	4758847,56	2044677,43
3	4762585,63	2045557,90	3	4761987,18	2044476,11	3	4758847,46	2044678,67
4	4762586,63	2045560,84	4	4761983,51	2044483,12	4	4758847,18	2044682,00
5	4762627,54	2045585,62	5	4761983,40	2044483,50	5	4758847,07	2044683,32
6	4762627,58	2045585,64	6	4761982,11	2044497,65	6	4758847,57	2044683,37
7	4762628,55	2045586,23	7	4761982,12	2044497,85	7	4758849,07	2044683,49
8	4762628,78	2045586,38	8	4761991,55	2044584,93	8	4758850,57	2044683,61
9	4762628,79	2045586,38	9	4761991,56	2044584,99	9	4758851,06	2044683,65
10	4762631,64	2045588,10	10	4761993,63	2044597,64	10	4758851,20	2044682,01
11	4762632,85	2045588,84	11	4761993,68	2044597,81	11	4758851,49	2044678,45
12	4762633,80	2045587,52	12	4762010,53	2044645,41	12	4758851,54	2044677,75
13	4762634,02	2045587,21	13	4762010,53	2044645,43	13	4758852,39	2044667,50
14	4762634,02	2045587,21	14	4762010,56	2044645,49	14	4758852,27	2044666,65
15	4762633,99	2045587,19	15	4762028,33	2044684,54	15	4758851,72	2044665,14
16	4762633,95	2045587,17	16	4762029,24	2044684,14	16	4758851,61	2044664,86
17	4762632,71	2045586,42	17	4762030,17	2044683,76	17	4758845,50	2044648,30
18	4762629,82	2045584,67	18	4762030,16	2044683,73	18	4758846,05	2044647,95
19	4762629,82	2045584,66	19	4762012,40	2044644,70	19	4758850,07	2044645,38
20	4762629,68	2045584,58	20	4761995,59	2044597,23	20	4758849,26	2044644,12
			21	4761993,53	2044584,69	21	4758848,99	2044643,69
			22	4761984,12	2044497,73	22	4758848,72	2044643,27
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
1	4762305,55	2045562,09	23	4761985,37	2044483,88	23	4758847,91	2044642,01
2	4762306,78	2045566,43	24	4761989,00	2044476,95	24	4758847,86	2044642,04
3	4762306,91	2045566,88				25	4758843,56	2044644,79
4	4762307,25	2045568,07				26	4758841,99	2044645,80
5	4762307,25	2045568,09	1	4761002,05	2043052,97	27	4758841,19	2044648,17
						28	4758847,43	2044665,09

Ibagué y Piedras (Tolima)

6	4762307,86	2045570,24	2	4760998,31	2043048,33
7	4762307,92	2045570,40	3	4760997,54	2043047,96
8	4762308,01	2045570,55	4	4760910,01	2043046,42
9	4762308,12	2045570,68	5	4760909,61	2043046,49
10	4762308,25	2045570,79	6	4760900,08	2043050,41
11	4762308,40	2045570,87	7	4760900,06	2043050,42
12	4762308,56	2045570,93	8	4760900,00	2043050,44
13	4762308,73	2045570,96	9	4760900,87	2043052,25
14	4762308,90	2045570,96	10	4760910,18	2043048,42
15	4762330,37	2045569,27	11	4760997,04	2043049,95
16	4762329,85	2045567,31	12	4761000,52	2043054,25
17	4762309,56	2045568,91	13	4761000,54	2043054,28
18	4762309,36	2045568,18	14	4761000,57	2043054,32
19	4762308,86	2045566,41	15	4761001,29	2043053,63
20	4762308,75	2045566,04			
21	4762307,48	2045561,54			

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Adicionalmente, el primer tramo subterráneo tendrá una parte que va contemplada mediante zanja con una longitud de 19,7 metros y un área de 0,052 ha, la cual se realizará mediante una excavación con retrocargador de llanta o excavadora de oruga, de aproximadamente 2 m de ancho por 1,3 m de profundidad.

Este tramo se podrá plantear inicialmente mediante excavaciones con taludes verticales, realizando el seguimiento continuo de la estabilidad de estos, sin necesidad de conformar taludes inclinados, y seguido de la excavación, inmediatamente se tiende el cable en la zanja y posteriormente rellena con el mismo material proveniente de la excavación. El proceso por tramos tendrá una duración máxima de una jornada de trabajo o 24 horas a lo sumo por la estabilidad de la zanja. No deberá haber ingreso de personal a la excavación e inmediatamente se procederá a realizar el tendido del cable, colocación de plaquetas de protección, cinta de peligro y rellenos.



Seguidamente en la Tabla 3-92 se presentan las coordenadas de la Zanja a excavar para el primer tramo subterráneo de la Línea de Transmisión, y en la Figura 3.89 se puede observar su localización

**Tabla 3-92. Coordenadas de localización de la zanja para el primer tramo subterráneo de la Línea de Transmisión 230kV**

ID de Zanja: Z-1		
ID Vértices	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	4762329,85	2045567,31
2	4762330,37	2045569,27
3	4762409,60	2045563,03
4	4762569,03	2045550,18
5	4762586,63	2045560,84
6	4762585,63	2045557,90
7	4762569,79	2045548,31
8	4762569,65	2045548,24
9	4762569,51	2045548,19
10	4762569,35	2045548,16
11	4762569,19	2045548,16
12	4762409,44	2045561,04

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

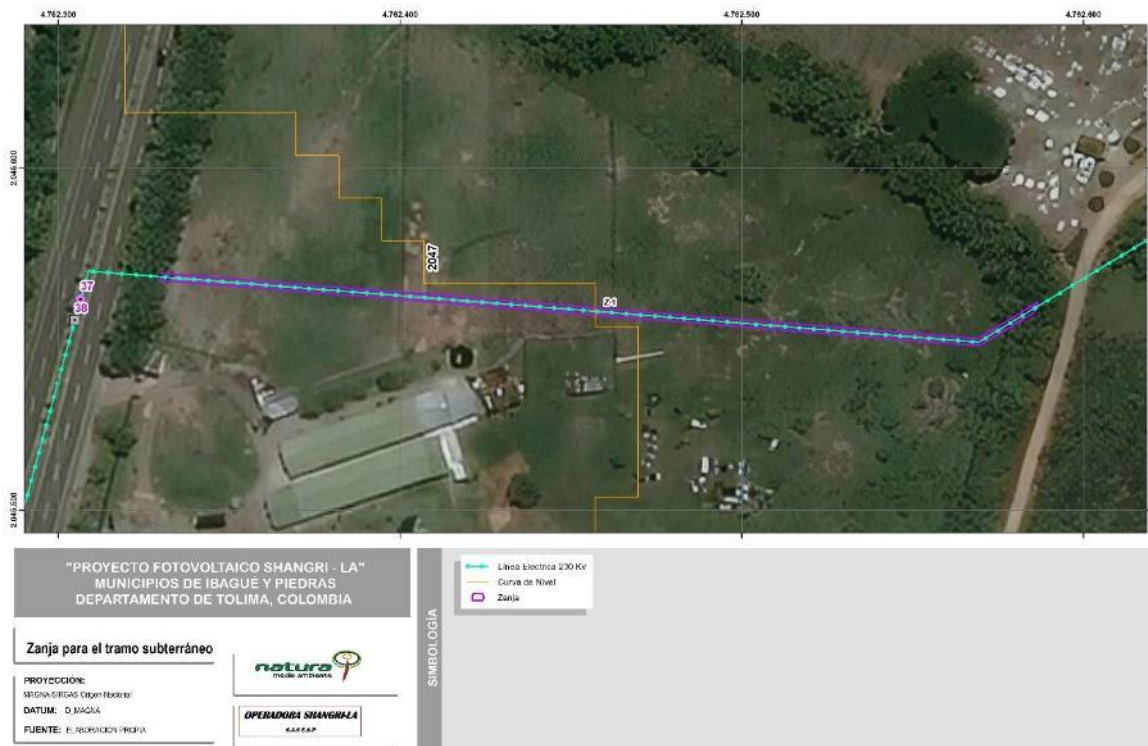

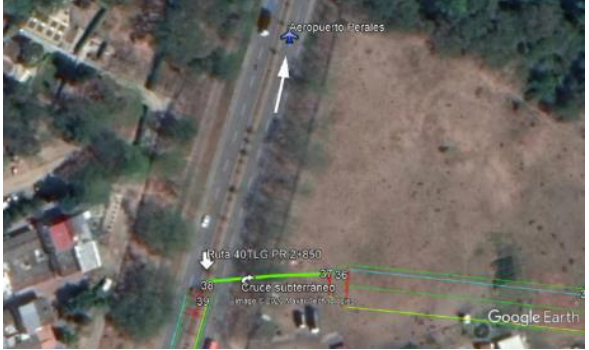
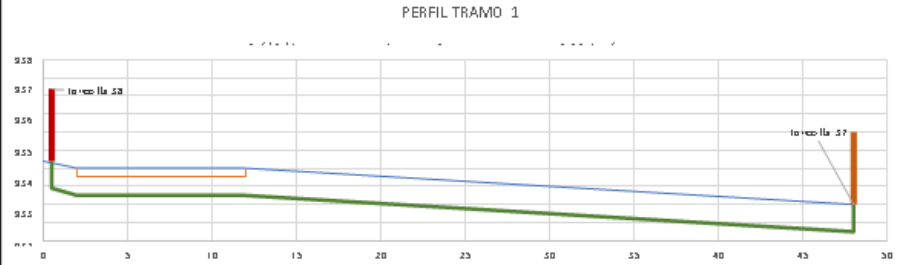




Figura 3.89. Localización de la zanja para el primer tramo de la Línea de Transmisión 230kV

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).


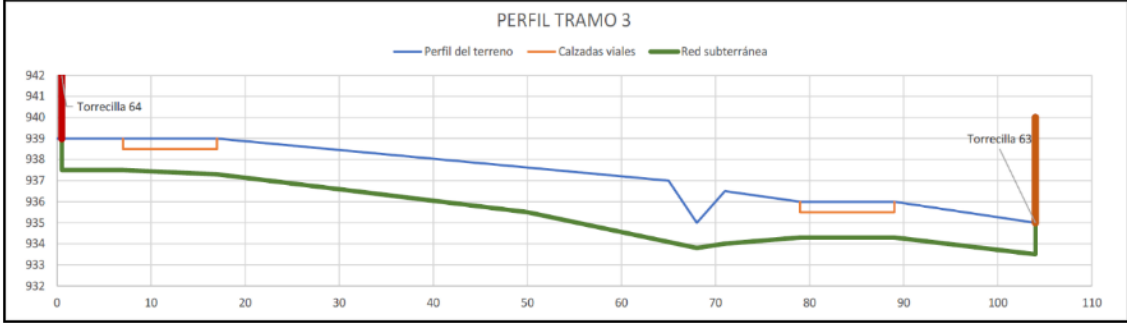
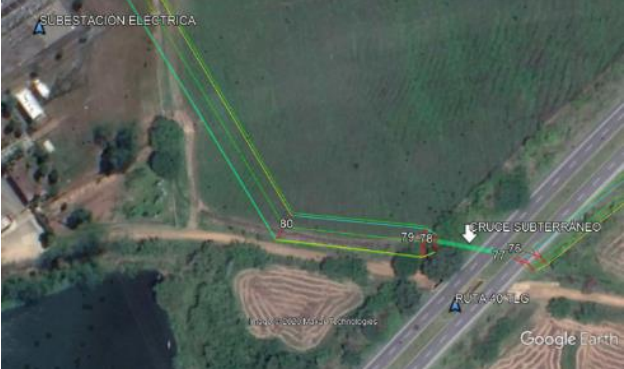
Figura 3.90. Descripción de tramos subterráneos.

Cruces subterráneos	Fotografía	
<p><b>Cruce Subterráneo 1</b></p> <p>Cruce de la calzada norte de la ruta 40 TLF en el PR2+850 con una longitud de 47,86 metros. Este cruce de la calzada se debe a que la Línea de Transmisión viene por el separador central de la vía y es necesario cruzar la calzada oriental para proseguir hacia el sitio de generación en la zona rural.</p>		
		
<p><b>Cruce Subterráneo 2:</b></p> <p>Cruce por la Glorieta Casa de la Moneda sobre la ruta 40TLG, desde la isleta que conforma la salida hacia Armenia y Bogotá, hasta la isleta que conforma la misma ruta, con destino al aeropuerto Perales de Ibagué. Este tramo tiene una longitud de 215,9</p>		

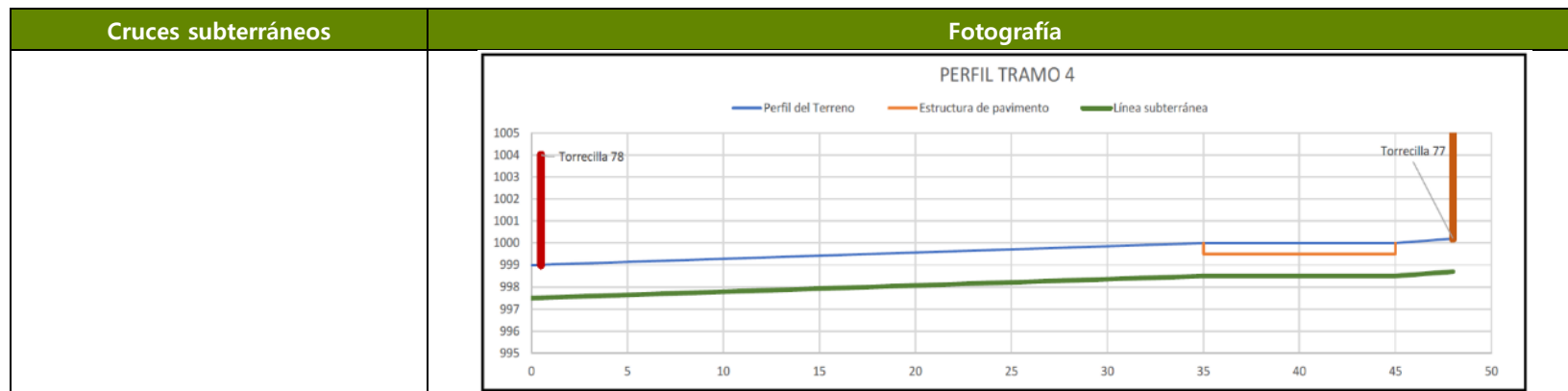
Ibagué y Piedras (Tolima)

Cruces subterráneos	Fotografía	
<p>metros, y es necesario cruzar un drenaje tipo canal revestido por el centro de la glorieta. Por la glorieta pasa una ciclorruta, esta ciclorruta cuenta dos estructuras tipo Box-culvert para el ingreso y la salida de los usuarios, pero no tendrá ninguna interferencia con la línea eléctrica subterránea.</p>	<div data-bbox="1031 285 1495 618" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="688 623 1843 954" data-label="Figure"> <p>PERFIL TRAMO 2</p> <p>— Perfil del terreno — Calzadas viales — Red Subterránea</p> <p>Torrecilla 52 Torrecilla 51</p> <p>Y-axis: 940 to 950 X-axis: 0 to 220</p> </div>	
<p><b>Cruce Subterráneo 3:</b> La intersección de la Línea de Transmisión con el puente peatonal ubicado en el PR 1+840 de la Ruta 40TLG, también se construirá con paso subterráneo, por el método de excavación dirigida.</p>		

Ibagué y Piedras (Tolima)

Cruces subterráneos	Fotografía
<p><b>Cruce Subterráneo 4:</b> Cruce por la Glorieta El Rodeo, desde la isleta que conforma la llegada de la ruta 40TLF a la glorieta, hasta la isleta que conforma la ruta 40TLG, este tramo tiene una longitud de 103,89 metros y es necesario cruzar un drenaje sin revestir por el centro de la glorieta.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>PERFIL TRAMO 3</b></p> 
<p><b>Cruce Subterráneo 5:</b> Para el cruce de la calzada norte de la ruta 40 TLG en el PR2+850 con una longitud de 47,86 metros. Este cruce de la calzada se debe a que la Línea de Transmisión viene por el separador central de la vía y es necesario cruzar la calzada norte para llegar a la subestación eléctrica.</p>	

Ibagué y Piedras (Tolima)



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

Al inicio y al final de cada tramo subterráneo de la Línea de Transmisión, se construirá una caja con paredes en concreto, para facilitar la transición del cable, con el propósito de facilitar el posicionamiento con la torrecilla, en la misma caja se colocará el sistema de puesta a tierra.

#### *3.2.4.1.3.9.1 Metodología de intervención para la porción subterránea*

El procedimiento constructivo aprobado por la ANI (soporte en ANEXO B.1 y C.1) consiste en la perforación dirigida (Figura 3.91), con el fin de no interferir con la infraestructura, principalmente la estructura del pavimento de las calzadas vehiculares de la concesión San Rafael:

- Inicialmente se realiza una verificación del subsuelo y de las redes de servicios existentes. Esta tarea se adelantó durante 2021 y se presenta en el ANEXO C.11; sin embargo, antes del inicio de las obras y actividades del Proyecto lineal, se podrá emplear un geo-radar para complementar la investigación de redes existentes en la zona de la excavación.
- Con la ayuda de una comisión de topografía, se ubicará en superficie la línea de excavación y se marcará con cal u otro producto que permita hacerle seguimiento desde la superficie.
- Excavación y colocación del tubo de polietileno de alta densidad. El proceso de excavación se realizará con un equipo de perforación dirigida (Figura 3.91). Se deberá hacer una excavación inicial en el sitio en donde se colocará el equipo de perforación y una excavación en el sitio donde terminará el tramo subterráneo.
- Una vez se tenga el equipo instalado en el sitio, se inicia el proceso con la perforación inicial, la cual consiste en perforar con un cabezal direccionable, pegado a una tubería que permite cambios de dirección, y con un sistema de navegación desde superficie se detecta la ubicación exacta del cabezal y se dirige la orientación de la perforación.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 3.91. Equipo de perforación dirigida.



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

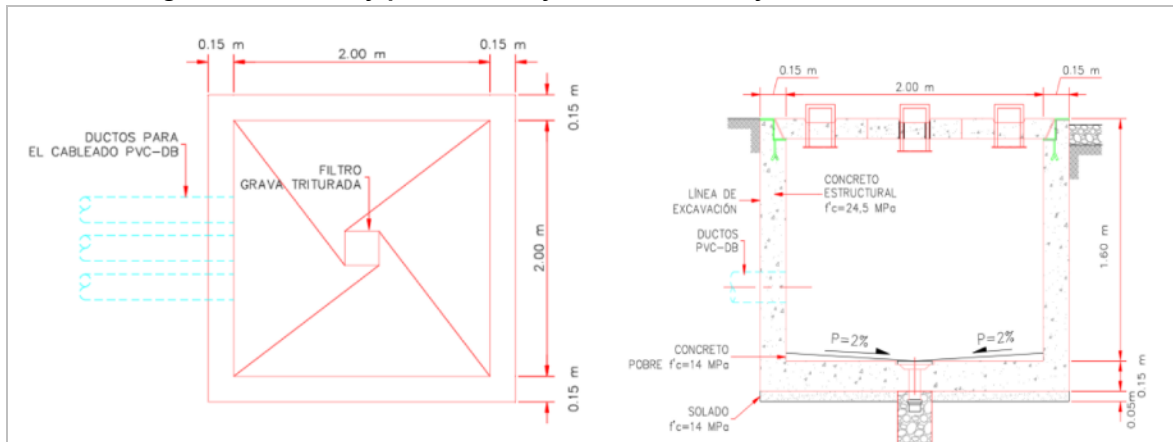
- ✓ Cuando el cabezal sale a otro extremo de la perforación, se inicia el proceso de ensanche en sentido inverso con un escariador, hasta que finalmente se tenga el diámetro requerido para insertar la tubería de polietileno de alta densidad.
- ✓ Cuando se tenga lista la perforación para la inserción de la tubería, esta se inserta en sentido contrario a la perforación, para la inserción se fija un extremo de la tubería al cabezote y el equipo tira de la tubería.
- ✓ Durante el proceso de hincado de la tubería es necesario unir los tubos debido a que estos se producen comercialmente en longitud de 12 metros, esta unión o soldadura a tope, se hace con un equipo que calienta los extremos y posteriormente funde las dos puntas de los tubos, mediante la aplicación de presión, creando la unión. El sistema se conoce como Soldadura a tope: esta técnica se emplea preferentemente a partir de 90 mm de diámetro y espesores de pared superiores a 3 mm. Consiste en calentar los extremos de los tubos a unir con una placa calefactora que se encuentra a una temperatura de 210- 225 °C y a continuación comunicar una determinada presión previamente tabulada.
- ✓ Una vez se tenga el tubo ubicado en su posición se realizará la colocación de las tuberías internas según el esquema de instalación.
- ✓ Al inicio y final de cada tramo se construirá una caja de tiro en concreto con tapa de seguridad, cada caja tendrá una dimensión que permita la transición del cable subterráneo



al cable adosado al poste para posteriormente hacer la transición al cable aéreo. En cada caja se hará el sistema de puesta a tierra (Figura 3.92).

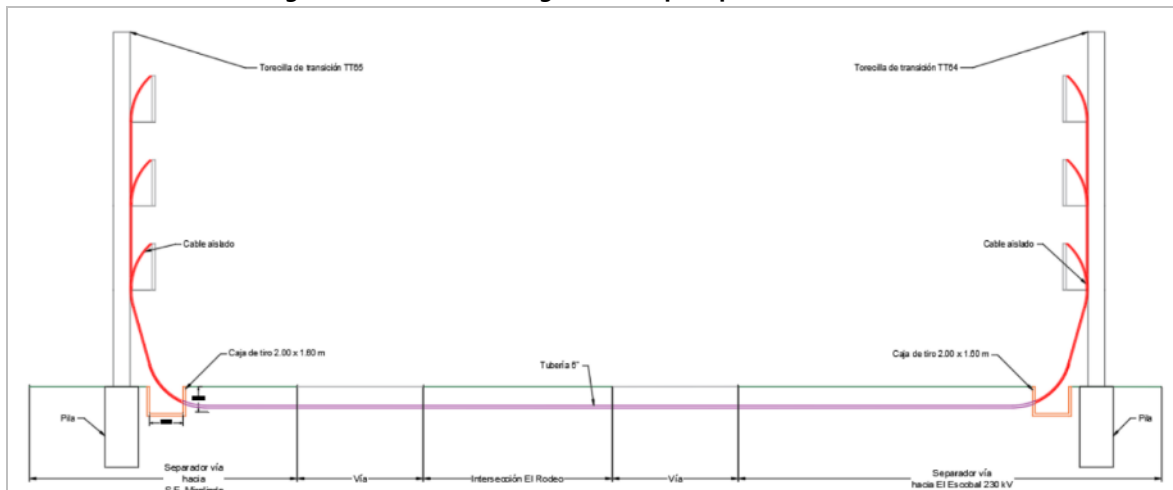
- Por último, se hace el cableado y la conexión (Figura 3.93).

Figura 3.92. Planta y perfil de la caja de tiro al inicio y al final de los tramos subterráneos.



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Figura 3.93. Sección longitudinal típica para los tramos subterráneos.



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

Seguidamente en la Tabla 3-93 se presentan las coordenadas de las zonas que se utilizarán como área de trabajo para la Perforación Horizontal Dirigida (PHD), y en la Figura 3.94 se puede observar su localización. Las condiciones del Terreno y su ubicación

Ibagué y Piedras (Tolima)

Tabla 3-93. Coordenadas de localización de las Áreas de Trabajo para la Perforación Horizontal Dirigida de la Línea de Transmisión 230kV

AT-PC-38-TM-37-PHD			AT-PC-52-TM-51-PHD		
ID	Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
1	4762309,80	2045566,18	1	4761983,20	2044479,66
2	4762307,16	2045556,36	2	4761983,86	2044480,10
3	4762304,56	2045546,71	3	4761983,83	2044480,16
4	4762300,60	2045547,83	4	4761984,41	2044480,33
5	4762303,28	2045557,32	5	4761984,53	2044480,36
6	4762303,75	2045558,97	6	4761984,88	2044480,46
7	4762306,06	2045567,09	7	4761985,42	2044480,62
8	4762306,48	2045566,98	8	4761986,30	2044480,88
			9	4761986,33	2044480,90
			10	4761986,39	2044480,94
			11	4761986,45	2044480,96
			12	4761986,50	2044480,98
			13	4761986,52	2044480,98
			14	4761986,58	2044480,99
			15	4761986,65	2044481,00
			16	4761986,69	2044480,99
			17	4761987,34	2044481,19
			18	4761988,07	2044481,40
			19	4761988,77	2044481,51
			20	4761990,63	2044481,57
			21	4761990,54	2044480,80
			22	4761990,57	2044476,48
			23	4761990,62	2044476,12
			24	4761990,68	2044475,70
			25	4761990,68	2044475,69
			26	4761991,11	2044472,55
			27	4761991,15	2044472,19
			28	4761992,87	2044466,16
			29	4761991,35	2044465,87
			30	4761991,26	2044465,86
			31	4761990,69	2044465,75
			32	4761989,86	2044465,59
			33	4761989,62	2044465,47
			34	4761989,27	2044466,38
			35	4761988,92	2044467,29
			36	4761988,56	2044468,20
			37	4761988,20	2044469,10
			38	4761987,82	2044470,00
			39	4761987,44	2044470,90
			40	4761987,05	2044471,79
			41	4761986,80	2044472,36
			42	4761986,65	2044472,68
			43	4761986,25	2044473,56

Ibagué y Piedras (Tolima)

<b>3</b>	4758851,53	2044645,45	<b>44</b>	4761985,84	2044474,45
<b>4</b>	4758859,87	2044639,92	<b>45</b>	4761985,71	2044474,70
<b>5</b>	4758857,70	2044636,65	<b>46</b>	4761985,69	2044474,76
<b>6</b>	4758856,69	2044635,12	<b>47</b>	4761985,42	2044475,33
<b>7</b>	4758856,67	2044635,09	<b>48</b>	4761984,99	2044476,20
<b>8</b>	4758853,40	2044637,25	<b>49</b>	4761984,55	2044477,07
<b>9</b>	4758851,19	2044638,72	<b>50</b>	4761984,55	2044477,07
<b>10</b>	4758851,18	2044638,71	<b>51</b>	4761984,11	2044477,94
<b>11</b>	4758843,02	2044644,11	<b>52</b>	4761983,66	2044478,80

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

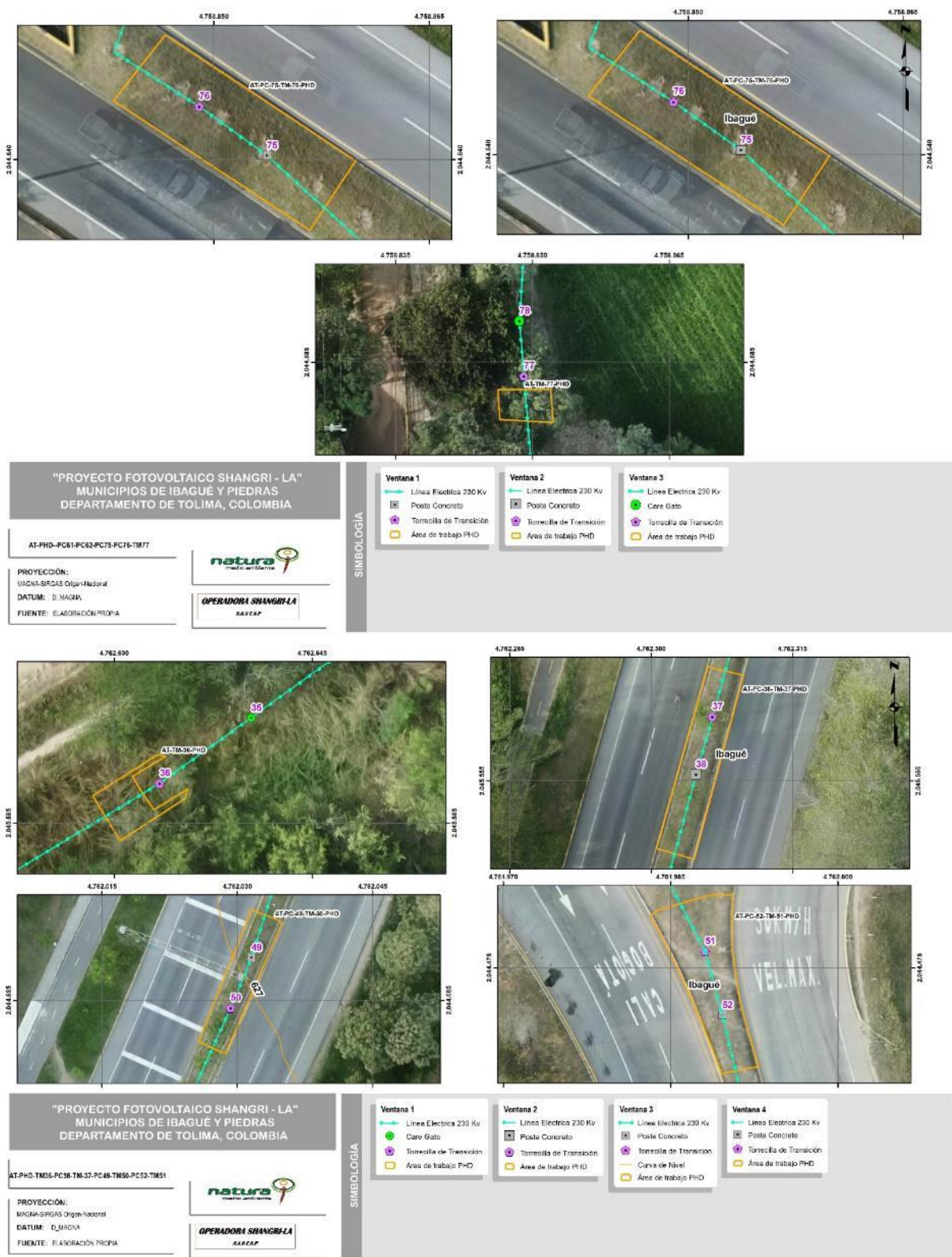


Figura 3.94. Localización Áreas de Trabajo para las PHD de la Línea de Transmisión 230 Kv

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### 3.2.4.1.3.10 Análisis de impactos al tránsito vehicular en las vías

Durante la construcción en la zona urbanizada habrá cierre temporal de un (1) carril en una de las calzadas. La Tabla 3-94 presenta el análisis de capacidad y nivel de servicio año 2021 del tramo vial El Rodeo – Combeima.

**Tabla 3-94. Volumen horario de tránsito en la hora de mayor demanda, estimado para el año 2021, con un incremento del 3% anual.**

DE	A	Volumen Total (V/h)	Bus	Camión	% Pesados	Flujo (v/h/c)	NDS
EL RODEO	COMBEIMA	639	42	376	65%	320	B

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.(2021).

El cálculo de la capacidad se realizó directamente sobre el programa de HCS 2000 obteniendo que, prácticamente la totalidad del corredor cuenta con capacidades superiores a los 2000 v/h/carril. Tanto en el modelo original, como en el modelo alternativo. La velocidad a flujo libre dentro del corredor se tomó como 80 Km/h.

Teniendo en cuenta que la capacidad de cada carril en condiciones normales es mayor a 2.000 vehículos por hora y que, las condiciones del flujo vehicular nos darían 1.100 vehículos por calzada, se puede comprobar que no habrá afectación importante al flujo vehicular y que no se tendrán colas en la vía por el cierre de carril.

Se presentará una reducción del nivel de servicio debido a la restricción de velocidad a 30 kilómetros por hora. Sin embargo, aún con la velocidad de 30 Km/h y suponiendo un espaciamiento de los vehículos igual al doble de su longitud, la capacidad del carril que queda en servicio es de 1800 vehículos equivalentes por hora, muy superior al tránsito esperado en la hora de mayor demanda.

Estas condiciones de la operación vial fueron validas y conceptuadas como compatibles por la Concesionaria San Rafael y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), como se explicó en el numeral 2.1 del Capítulo 2 y se soporta en el ANEXO B.1.

#### 3.2.4.1.3.11 Desmonte de instalaciones provisionales, plazas de tendedo, patio de almacenamiento y accesos temporales

Es la última actividad que se realiza en la etapa de construcción y consiste en dejar las instalaciones intervenidas en las condiciones iniciales, retirando todos los elementos e instalaciones transitorias que sirvieron de apoyo en el proceso constructivo, principalmente en las zonas donde se ubican instalaciones temporales, las cuales corresponden a áreas de trabajo, plazas de tendido y patio de almacenamiento, de igual manera se procederá con el cierre de accesos temporales donde el terreno se restaura al estado inicial una vez finalice el paso por estos.

#### 3.2.4.1.3.12 Reconformación de sitios de torre, patio de almacenamiento y plazas de tendido.

Consiste en la adecuación de los sitios de uso provisional (áreas de trabajo, plazas de tendido y patio de almacenamiento, si así se requiere) y la posterior restauración de las condiciones preexistentes.

Luego de la instalación de las torres se reconformará el terreno del sitio de torre, reutilizando el material de excavación previamente almacenado y protegido, se conformará la capa final con suelo orgánico y se finalizará con empradización.

Las actividades de restablecimiento de la cobertura vegetal estarán alineadas con lo expuesto en la ficha de manejo ambiental *Empradización y revegetalización*. Esta medida aplica para los sitios de uso temporal y definitivos expuestos a lo largo del documento, utilizando alguno de los siguientes métodos:

- Cespedones
- Siembra de semillas al voleo, en hoyo, en chuzo o hidrosiembra.
- Siembra de estolones.
- Utilización de agrotexiles, agromantos, malla ecológica

#### 3.2.4.1.3.13 Métodos Constructivos

En la Tabla 3-95, se relacionan los métodos constructivos generales que se van a implementar en las diferentes etapas constructivas del sistema de conexión 230 kV que compone la Línea de Transmisión y la bahía de conexión en la subestación Mirolindo.

Tabla 3-95. Métodos constructivos

Actividades	Métodos Constructivos
<p><b>Desmonte</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desalojar los rastrojos, raíces, escombros, o basuras o cualquier otro tipo de vegetación que puedan entorpecer las labores de construcción, hasta que el área quede limpia y libre de vegetación y su superficie quede apta para iniciar los demás trabajos.</li> <li>• Inicie inspeccionando la herramienta a utilizar como machetes, picas y palas, detectando condiciones subestandar como piezas sueltas, desgastadas y/o partidas.</li> <li>• Verifique con el supervisor y de acuerdo con los planos, el área a intervenir, demarcando y limitándolo con cinta de seguridad.</li> <li>• Se debe retirar manualmente piedras, troncos y demás materiales sueltos, siempre procurar mantener posturas ergonómicas.</li> <li>• Antes de levantar cargas tenga presente:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tamaño, forma y volumen de la carga.</li> <li>– El peso de la carga no debe ser mayor que la capacidad individual (25 kg)</li> <li>– La existencia de puntas, filos o salientes.</li> <li>– Usar elementos de protección personal. (guantes, casco, ropa de trabajo, botas de seguridad, gafas de seguridad, dotación de invierno si es necesario)</li> <li>– Verificar la ruta a ser recorrido, si no hay obstáculo, lugares resbalosos, etc.</li> <li>– La carga debe mantenerse cercana al cuerpo.</li> <li>– Durante el transporte, mantener la carga centralizada y realizar la fuerza con las piernas.</li> <li>– No es conveniente permanecer mucho tiempo con la carga, o distancias muy largas o muchas veces seguidas.</li> </ul> </li> <li>• La limpieza de maleza se debe realizar con machete, dando un movimiento de vaivén y aplicando presión contra la maleza, teniendo en cuenta que este tenga el mango en condiciones adecuadas para el trabajo, verificar que el metal este afilado adecuadamente para el corte.</li> </ul>
<p><b>Descapote</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se replantea la zona a intervenir con la cuadrilla topográfica según planos APC, con ayuda de estacas de madera se delimita el área de adecuación, asegurando el espacio para los taludes de corte.</li> <li>• Realice la demarcación y aislamiento del área. Delimite muy bien la zona, a fin de evitar el aumento del área a intervenir.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remueva la capa vegetal y los suelos que contengan exceso de materia orgánica según los planos APC. Demarque la zona del área a intervenir y evite destrucción innecesaria.</li> <li>• Antes de iniciar las actividades de adecuación, defina un sitio para disposición del material, almacene el material vegetal resultante lejos de cuerpos de agua y dele el manejo adecuado para su utilización en la reconformación de zonas de acuerdo con el PMA.</li> <li>• El descapote se hará con la retroexcavadora o buldócer, asegurando el retiro de la capa vegetal y orgánica, empezando por las zonas que no tienen individuos para aprovechamiento forestal. Si existen individuos para aprovechamiento forestal por donde va a pasar la retroexcavadora, se deben retirar con la técnica adecuada según procedimiento de tala y poda para después continuar con la actividad de descapote.</li> <li>• Se debe garantizar el retiro de las raíces y capa vegetal completa, antes de iniciar con la actividad de lleno y compactación.</li> <li>• Se realizará acompañamiento de topografía para monitorear y verificar constantemente las cotas a las cuales se debe llegar, al igual que las áreas donde se debe realizar descapote.</li> <li>• El material de descapote se acopiará temporalmente alrededor de la zona de adecuación y dentro del lote licenciado, se tamará con plástico negro. Este material será utilizado para proteger los taludes de la plataforma después de adecuación y dar manejo al agua lluvia alrededor de la subestación.</li> <li>• Si el material retirado es más que suficiente y sobra una parte después de la protección de taludes y conformación perimetral, éste será dispuesto en escombreras autorizadas por la autoridad ambiental para tal fin.</li> </ul> <p>Una vez retirado el material de descapote, con ayuda de la motoniveladora, se procede a explanar el terreno para después compactarlo con un vibro compactador. Esto para recibir el material de lleno y empezar a conformar la plataforma.</p>
<b>Excavaciones</b>	<p><b>Excavación manual menor de 1,2 mt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice una inspección de los sectores indicados en los planos APC.</li> <li>• En zonas verdes se iniciará con la fijación de la cota inicial y final por parte del topógrafo y el supervisor civil, confirman la instrucción al personal obrero que</li> </ul>



Actividades	Métodos Constructivos
	<p>inicia los trabajos en cada área siguiendo los lineamientos de seguridad, higiene y salud.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se inicia la excavación manual según las especificaciones determinadas por el alcance del contrato y la Ingeniería de Detalle aprobada.</li> <li>• Se inicia la excavación manual según las especificaciones determinadas por el alcance del contrato y la Ingeniería de Detalle aprobada.</li> <li>• Se tendrá una salida de la excavación dispuesta para la evacuación de los trabajadores en caso de emergencia. Se debe tener señalizada el área de trabajo para evitar el acercamiento de maquinaria y personal que no tenga ninguna participación en la excavación.</li> <li>• Prever vías de acceso para vehículos de carga y transporte de material excavado, como también para la circulación de trabajadores, a fin de evitar riesgos al personal y/o daños a la excavación.</li> <li>• Asegurar que el material para retiro se encuentre debidamente cubierto y ubicado en sitios que no permitan que se segregue en cunetas, cárcamos, vías, etc.</li> </ul> <p><b>Excavación manual mayor de 1,2 mt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice una inspección de los sectores indicados en los planos APC.</li> <li>• Nombre un trabajador como vigía PERMANENTE pendiente de cambios en la configuración del terreno, especialmente grietas que pudieran estar ocultas la capa vegetal o cualquier otro material colindante de la excavación. En caso de presentarse el trabajador deberá informar al Supervisor Civil, quien tomará las medidas de seguridad a que haya lugar.</li> <li>• Se inicia la excavación manual según las especificaciones determinadas por el alcance del contrato y la Ingeniería de detalle aprobada.</li> <li>• Excavaciones con profundidad mayor a 1.2 mt se consideran espacios confinados por la dificultad para el ingreso y la salida, los trabajadores deben utilizar los elementos de seguridad normalizados y se debe tener una escalera que sobresalga un metro (1mt) para subir o bajar de la excavación, para minimizar el riesgo las excavaciones se conformaran en niveles y/o terrazas según gráficos de seguridad o con cualquier otro método aprobado para garantizar la integridad física de los trabajadores.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la excavación presenta un nivel freático alto, se debe manejar con motobombas y/o electrobombas o evacuar el agua con baldes según sea necesario.</li> <li>• Se dispondrá de un espacio de 2 m a partir del borde de la excavación libre de cargas para el tránsito de vehículos y maquinaria.</li> <li>• Asegurar que el material para retiro se encuentre debidamente cubierto y ubicado en sitios que no permitan que se segregue en cunetas, cárcamos, vías, etc.</li> </ul> <p><b>Excavación mecánica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicie con la fijación de las cotas inicial y final por parte del topógrafo, el supervisor civil y la confirmación al operador de la máquina que realiza la excavación.</li> <li>• En ninguna circunstancia se podrá operar maquinaria con personal en la excavación.</li> <li>• Se realiza la demarcación externa para evitar también que personas, vehículos u otros riesgos externos causen peligros para las personas, operaciones, equipos y materiales que estén dentro del área de trabajo.</li> <li>• Se inicia la excavación usando la retroexcavadora asegurando que cuando se opere el equipo el personal debe retirarse de la excavación para operar la máquina.</li> <li>• Un trabajador actuará como guía o vigía, el cual guiará desde afuera de la excavación al operador en el proceso de excavación, asegurando que ninguna persona, se aproxime a la maquinaria en operación o ingrese a la excavación, además de indicarle al operador algún tipo de obstáculo, tubería o elemento que obstaculice la excavación.</li> <li>• Disponer de vías de acceso para vehículos de carga y transporte de material excavado, como también para la circulación de trabajadores, a fin de evitar riesgos al personal y a la propia excavación.</li> <li>• Asegurar y disponer de todos los equipos de protección en alturas para cada trabajador que ingrese a la excavación cuando esta supere una profundidad de 1.5 mt.</li> <li>• Disponer de escaleras que sobresalgan 1 metro para subir o bajar de la excavación con una inclinación de 1/4 de su longitud.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener los avisos y señalización de excavación profunda, y un trabajador se dispondrá como paletero para el manejo del tránsito vehicular mientras dure la excavación.</li> <li>• Asegurar que el material para retiro se encuentre debidamente cubierto y ubicado en sitios que no permitan que se segregue en cunetas, cárcamos, vías, etc.</li> </ul> <p><b>Control del nivel freático en la excavación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se contará con equipos de motobomba para realizar el control del nivel freático de la excavación en los casos en que éste aumente. Estará disponible y se asegurará su funcionamiento realizando el preoperacional correspondiente.</li> </ul> <p><b>Control del derrumbe de las paredes de las excavaciones.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se realizan excavaciones y se encuentra un terreno con inestabilidad se deberá proteger las paredes de la excavación con el sistema de chafarreo, entibado u otro medio aprobado por interventoría para garantizar la integridad física de los trabajadores.</li> </ul> <p><b>Cargue y retiro de material de excavación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para realizar la actividad de cargue y retiro de material se deberá emplear equipos mecánicos como volquetas, retroexcavadoras, etc., los cuales dispondrán el material en el sitio autorizado para su disposición final (Escombrera).</li> </ul>
<p><b>Perforación Horizontal Dirigida</b></p>	<p>La tecnología de instalación sin zanja es definida como la técnica a utilizar en la instalación de tuberías subterráneas con un mínimo de excavación y alteración superficial.</p> <p>La perforación horizontal dirigida es una técnica para realizar una nueva instalación de tubería donde no existe. Este método, rápido, limpio y ecológico. El sistema permite el cruce de grandes ríos, carreteras, autopistas, montañas y cualquier obstáculo natural, puesto que, al utilizar lodos de perforación, puede perforar bajo nivel freático de forma rápida y eficaz.</p>

Actividades	Métodos Constructivos
	<p>Se debe tener especial cuidado para no interferir con las redes de otros servicios como energía, gas, acueducto y alcantarillado existentes.</p> <p><b>Generalidades de la perforación horizontal dirigida</b></p> <p>Se deben especificar los lineamientos que se deben seguir para el proceso de instalación y control de la aplicación del método de Perforación Horizontal Dirigida (PHD).</p> <p>Se realiza excavación horizontal dirigida por debajo del nivel del terreno a una profundidad media predefinida, la cual se hace a través de una flecha o punta excavadora piloto, cuyo avance se controla y dirige a través de sistemas de ondas magnéticas entre dos sensores, uno existe en la punta y otro que lleva el operario por encima de la superficie con lo cual se garantiza que la línea de instalación permanezca en las tolerancias exigidas.</p> <p>En caso de encontrarse interferencias en el alineamiento, el operario debe efectúa las maniobras de desvío, garantizando que el equipo salga al apique o trinchera establecida, dejando en su camino una serie de tubería que forma el túnel piloto inicial, el cual posteriormente es aplicado al diámetro requerido.</p> <p>En caso de necesitar desvíos se debe realizar un análisis de las redes existentes en la zona y la proximidad a estas.</p> <p>Mediante el paso de elementos expansores, finalmente se cruza la tubería necesaria desde el punto de entrada dejándola instalada, para su posterior empate y puesta en operación. Dicha instalación se debe realizar teniendo especial cuidado en no causar daños a la tubería.</p> <p>Se debe especificar la clase de equipo (eléctrico o neumático) a utilizar, siempre y cuando se ajuste a unos rendimientos normales de trabajo, por lo cual se debe obtener la aprobación del operador.</p> <p>Se debe garantizar que el equipo cuente con los principales componentes empleados, que incluye brocas, barrenas, rótulas y cabezas de tracción, son:</p>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una plataforma de perforación direccional de tamaño adecuado para trabajo a mano, en buen estado con capacidad de completar el proyecto sin retrasos significativos.</li> <li>- Barras de perforación unidas entre sí para formar una cadena de perforación para el avance de la broca. La broca de perforación debe tener un lado cerrado capaz de soportar el área excavada (al frente) durante la excavación y el apagado. La broca debe ser de dirección completa en las direcciones horizontal y vertical de la plataforma de perforación de modo que la alineación se pueda mantener durante toda la operación de la perforación.</li> <li>- Una broca capaz de perforar todos los materiales encontrados como son: arena, grava, materiales del lavado, materia orgánica y arcilla.</li> <li>- Un transmisor / receptor para el seguimiento y registro de la ubicación de la broca</li> <li>- Un tanque para el mezclado y sostenimiento del fluido de perforación</li> <li>- Una bomba para hacer circular el fluido de perforación</li> </ul> <p><b>Estudio de suelos.</b></p> <p>Antes de implementar dicho método se debe contar con un estudio de suelos completo, el cual debe precisar el tipo de suelo que se tiene en el lugar, de lo contrario el proceso se puede ver seriamente afectado por cambio en la estructura del suelo en el recorrido del túnel.</p> <p>Dicho método no es aconsejable en suelos rocosos, para estos casos se debe revisar la viabilidad de otro método de instalación sin zanja.</p> <p>Para los estudios de suelos se debe cumplir lo especificado por la ley 400 de 1997 en su capítulo 2, la cual dice que: "Debe ser un ingeniero civil cuando se trate de estudios geotécnicos; éstos deben tener matrícula profesional y acreditar ante la comisión Asesora Permanente para el Régimen de Constructores Sismo Resistentes la experiencia e idoneidad en las siguientes disposiciones.</p> <p><b>Definición del trazado</b></p>

Actividades	Métodos Constructivos
	<p>Se debe efectuar el estudio del trazado de diseño. Para lo cual se debe investigar detalladamente las redes y ductos de los diferentes servicios existentes en el tramo de lanzamiento mediante tecnologías no invasivas como geo-instrumentos, inspección visual y/o nichos de investigación. Efectuar el análisis de los perfiles para determinar el trazado de la instalación de tubería, estableciendo alineamiento y profundidad, punto de instalación de las máquinas, punto de entrada de la punta o flecha excavadora piloto.</p> <p>Se debe garantizar la ejecución del trabajo, llevando con precisión el diseño para la red según los planos.</p> <p><b>Pozos de acceso</b></p> <p>Las excavaciones, las zanjas abiertas, los drenajes de agua, el laminado, los apuntalamientos o entibados y refuerzo, deben cumplir con todas las normas de seguridad.</p> <p>Se presenta a la operadora, para su aprobación, la disposición y ubicación de los nichos de entrada y salida, así como también aquellos sitios que requieren trabajos de excavación para la instalación de accesorios, acometidas y tratamiento de posibles interferencias, entre otros aspectos.</p> <p>Los servicios públicos existentes se deben proteger según sea necesario, La protección de estos se debe coordinar con las empresas de servicios públicos pertinentes.</p> <p>Estos se deben construir teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la norma de construcción NC-MN-OC01-03 "excavaciones" y siguiendo los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones geotécnicas presentes en el área de trabajo.</li> <li>- Cruces e interferencias con otras redes.</li> <li>- Características de la tubería existente y de la tubería a instalar: diámetros, profundidades, longitudes y materiales.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<p>Las dimensiones del pozo de acceso y salida del equipo deben ser tales que los equipos se puedan operar con seguridad, que las soldaduras se puedan realizar sin inconveniente y que la zona de trabajo tenga disponibilidad de espacio. Dichas ubicación y dimensiones del pozo deben ser aceptadas por el operador antes de su construcción.</p> <p><b>Construcción del túnel piloto</b></p> <p>Se debe realizar la perforación siguiendo el trazado establecido o diseñado, el cual se efectúa erosionando o perforando el terreno por medio de un cabezal, punta o flecha excavadora, que se ha escogido para las condiciones y tipología del suelo, efectuando mediante empuje, rotación y fluido a presión la excavación y retiro del material sobrante durante todo el trayecto de instalación, es decir entre los pozos o apiques de entradas de lanzamiento o salida del mismo, dejando entre ellas la construcción de un túnel piloto, en el cual se ha quedado instalada una serie de tuberías metálicas que sirven de guía para la posterior instalación de la tubería.</p> <p>La perforación piloto debe garantizar que su alineamiento corresponda a la línea previamente diseñada, con tolerancias que pueden estar del orden de más o menos 15 cm en forma radial del eje del trazado, salvo que correspondan a las desviaciones requeridas para evadir interferencias establecidas en el trazado, producto de la existencia de estructuras, redes o ductos de otros servicios. Para lo anterior, se debe disponer de elementos teledirigidos con sensores de ondas electromagnéticas, que le permitan al operario conocer en todo momento, la localización de la punta o flecha excavadora, para garantizar que se cumpla con las condiciones establecidas en el trazado, así como tomar las medidas correctivas inmediatas, en caso de existir evidentes desviaciones que puedan generar alineamientos fuera de la tolerancia radial antes mencionadas.</p> <p>Toda desviación en el alineamiento de la tubería en diseño debe ser aprobado por el operador.</p> <p>El lubricante debe ser bentonita o una lechada a base de polímero.</p> <p><b>Expansión del túnel piloto e instalaciones de la tubería para los conductores</b></p>

Actividades	Métodos Constructivos
	<p>Una vez terminado el túnel piloto y desmontada la punta o flecha excavadora, se deben instalar las puntas de expansores para el ensanche del túnel piloto, que mediante el tiro en retroceso de la máquina inicia el halado de las cabezas expansoras y limpiadoras a través del micro túnel, desde la trinchera de salida hacia la de entrada, para alcanzar el diámetro requerido de la excavación, que permita la instalación del tubo diseñado. Previamente al inicio de la operación se debe determinar el número de pasadas de los ensanchadores para paulatinamente ampliar el túnel hasta lograr el diámetro deseado. Es indispensable que se defina acorde con las condiciones del suelo el tipo de cabezal de ensanche a utilizar, por lo que se debe contar con un equipo con expansores tipo barril para suelos blandos o de baja dureza, triconos para rocas y terrenos duros y "Fly Cutters" para muy blandos, de alta plasticidad y de muy baja dureza. De acuerdo con las condiciones de expansión, se debe definir la velocidad de giro de los equipos de expansión.</p> <p>Una vez alcanzado el diámetro requerido del micro túnel y definido que no existe problemas con el alineamiento acorde con las tolerancias dadas y las interferencias existentes, con autorización del operador se procede con la instalación de la tubería, conectándola a los expansores y anillos de limpieza, para iniciar su arrastre o halado a través del túnel, desde la trinchera de salida hasta la trinchera de entrada del lanzamiento original. Posteriormente, se procede a programar los empates correspondientes con los conductores y tuberías.</p> <p><b>Distancias mínimas a otras redes de servicios públicos.</b></p> <p>Se debe tener especial cuidado al momento de realizar la colocación de la tubería para no afectar las demás redes que cruzan por la zona de la instalación, para lo cual se debe tener total claridad de las redes existentes que se encuentran en el lugar.</p> <p>La ubicación de las redes a instalar respecto a las redes existentes debe encontrarse conforme con lo especificado en la Norma diseño de la línea subterránea en su última versión, la cual se especifican distancias verticales y horizontales que se deben cumplir para la correcta instalación.</p> <p>Las distancias mínimas respecto a otras redes de servicios existentes son las siguientes:</p>



Actividades	Métodos Constructivos		
	RED CON QUE SE CRUZA	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	DISTANCIA VERTICAL (m)
	Red de alcantarillado	1,5	0,5
	Red de aguas lluvias	1	0,5
	Red combinada	1,5	0,5
	Red telefonía y eléctricas	1,5	0,5
	Red de gas domiciliario	1,2	0,5

**Aseguramiento de la calidad.**  
Se deben cumplir con:

- Certificados del personal experto en "Perforación Horizontal Dirigida".
- Secuencia y procedimientos detallados de la construcción.
- Calificaciones del personal especializado en el manejo y ejecución de termofusión o electrofusión en polietileno de alta densidad (PEAD).
- Detalles de los bombeos y las desviaciones.
- Se debe prevenir que llenados o apizonados cercanos a la tubería hincada que puedan generar cambios en la pendiente de instalación
- Plan para el aseguramiento del control de calidad (QS/QC) y el control de la seguridad industrial de los trabajadores.
- Plan específico de contingencia que tenga en cuenta las obstrucciones, por sedimentos, daños en acometidas y otros servicios públicos, pérdida del alineamiento y/o pendiente y pérdida de la cabeza de ruptura.

**Lista de Actividades Necesarias.**

- Localización (NC-MN-OC01-03).
- Excavaciones para los pozos (NC-MN-OC03-01).
- Construcción de túnel. (NC-MN-IL01-18).
- Cargue, retiro y disposición del material (NC-MN-OC01-04).
- Instalación de la tubería. (NC-AS-IL01-36)
- Soldadura de las tuberías. (NC-AS-IL01-35).
- Llenos. (NC-MN-OC04-01)

**Lista de Materiales Necesarios.**

- Equipo de perforación (incluyendo todos sus componentes).

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos de la línea (conductores, tubería, codos, uniones, etc.).</li> <li>• Material de lleno.</li> <li>• Equipo de soldadura.</li> </ul>
<p><b>Relleno y compactación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice la demarcación y aislamiento del área. Uso de EPP. El personal debe utilizar camisa de manga larga e hidratarse permanentemente. Delimite muy bien la zona, a fin de evitar el aumento del área a intervenir.</li> <li>• Revise el equipo a utilizar. Haga revisión preoperacional de los equipos a usar. No use el equipo si detecta fugas de combustible o aceite.</li> <li>• Alistamiento de la excavación: Remueva cualquier elemento orgánico, basura o tierra. Haga una revisión visual del estado de los bordes y paredes de la excavación, no retire todo el entibado (si lo hay), en tramos largos hágalo por etapas.</li> <li>• Demarque la zona del área a intervenir y evite destrucción innecesaria.</li> <li>• Descargue el material de relleno sobre plástico similar, para evitar contaminación con otros materiales. Use guías o paletos, mantenga señalizada el área de traslado de vehículos. Durante el descargue del material no debe permanecer personal cerca a la volqueta. Haga una inspección visual de la volqueta y tome medidas de protección mientras descarga, si detecta fugas de combustible o cualquier otro fluido use el kit ambiental.</li> <li>• Seleccione el material antes de iniciar la labor, haga retirar piedras con sobre tamaño. Realice inspección preoperacional de herramientas a utilizar. Usar los elementos EPP básicos. Mantenga el material no utilizado cubierto para evitar lavado de agregados finos y evitar que se aumente la humedad.</li> <li>• Rellene con el material seleccionado en capas no mayores de 25cm aplicando la humedad óptima de compactación. Guantes y mascarilla, Delimite senderos para carretilla, que evite colisiones o caídas.</li> <li>• Compacte con el equipo seleccionado, hasta lograr la densidad solicitada. Siempre deben trabajar en pareja para que el trabajador que está afuera cuide al de adentro. Por cada capa compactada se deben realizar las tomas de densidades acordadas con interventoría, y se debe verificar que se esté cumpliendo con el porcentaje de compactación indicado en los DBI y el plan de Inspección y ensayos del Proyecto, en caso de no cumplir con el porcentaje solicitado se debe acondicionar el terreno hasta que cumpla. Las densidades se realizarán por el método cono y arena.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique aleatoriamente las densidades obtenidas mediante ensayos de laboratorio. Use EPP.</li> <li>• Repita los dos pasos anteriores hasta alcanzar en la última compactación el nivel previsto. Alterne mínimo cada hora el operario de la máquina en caso de hacerse con canguro o rana. Mantenga hidratados todos los trabajadores.</li> <li>• Se realiza jornada de orden y aseo.</li> </ul>
<p><b>Vías (aplica para vías internas de Bahía de conexión y del Parque Solar)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el replanteo topográfico tanto plan métrico como altimétrico.</li> <li>• Realizar el replanteo con un criterio que le permita conservar el medio ambiente, en especial los drenajes naturales, humedales y demás sitios de interés ambiental y cultural</li> <li>• Dejar referenciado los ejes y cotas del Proyecto, así como puntos de referencia fuera del Proyecto que sirvan para hacer chequeos periódicos. Estos puntos deben quedar protegidos de cualquier alteración causado por maquinaria o personal.</li> <li>• Demarque con cal el área de corte o terraplén.</li> <li>• Evite derrames de cal en zonas verdes. Mantenga un adecuado almacenamiento de la cal para evitar desperdicios.</li> <li>• Realice el corte con maquinaria, mediante una supervisión permanente con el nivel hasta llegar a la cota requerida.</li> <li>• El operador de la maquinaria debe tener doble protección auditiva. Asegure óptima visibilidad del operario durante la ejecución de la actividad. Controle que el corte respete la demarcación para no aumentar el área a afectar. Si debe intervenir vegetación realice una evaluación previa de la existente, identifique árboles que técnica y económicamente, puedan ser trasplantados. Obtenga los permisos de tala y trasplante. El material vegetal resultante almacénelo lejos de cuerpos de agua y favorezca su descomposición para retornarlo al ecosistema. Realice el mantenimiento de maquinaria en lugares autorizados y disponga un lugar para almacenamiento de aceite y combustible en caso de requerirse. Controle el ruido de la maquinaria mediante silenciadores.</li> <li>• Tenga a disposición Kit ambiental, para caso de posibles derrames.</li> <li>• Mejore la subrasante, eliminando material que pueda interferir con la calidad de la vía, tales como raíces, rocas, terreno inestable o fangoso. Compacte en capas de 20 cm y nivele la subrasante hasta obtener la cota requerida</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice una inspección previa del área de trabajo y comunique al personal del sitio sobre la actividad a realizar. Realice un almacenamiento seguro de las rocas, raíces y demás elementos extraídos de la subrasante a fin de evitar deslizamientos y accidentes</li> <li>• Los residuos resultantes de esta actividad debe clasificarlos en material orgánico para su descomposición e inorgánico para ser enviado a una escombrera autorizada. No desperdicie el material de relleno a utilizar.</li> <li>• Compre el material de sub base y base, verificando que cumpla con la granulometría requerida. Distribuya el material a lo largo de la sección a rellenar y adicione la humedad según el ensayo de proctor. Realice una inspección pre operacional del equipo.</li> <li>• Durante el avance de la maquinaria no permita el acercamiento del personal a la misma. Use los EPP básicos y tapabocas. Para la compra de material, revise previamente su calidad y uniformidad para disminuir el material a rechazar en obra. Durante el transporte de material se deben cubrir las volquetas para evitar cualquier dispersión del mismo y no ocasionar accidentes de tránsito por este motivo. Cubra el material mientras esté almacenado temporalmente para evitar dispersión por causa del viento o la lluvia. Evite el arrastre de material hacia cuerpos de agua o alcantarillado</li> <li>• Relleno y Compactación. Para la sub base y la base, humedezca la mezcla y dispóngala uniformemente en capas de 15 cm. cuyo espesor final después de la compactación no debe superar los 10 cm. Realice este procedimiento humedeciendo periódicamente en cada compactación, hasta obtener el espesor requerido.</li> <li>• El área de trabajo debe estar despejada y debidamente señalizada. Coordine el movimiento de los equipos que laboran simultáneamente.</li> <li>• Para la toma de agua requerida para la humectación de la vía, debe contar con permiso de la autoridad ambiental de la región y no exceder el consumo autorizado por ésta.</li> <li>• Realice un control topográfico para verificar la nivelación de la vía antes de aplicar el concreto o capa de rodadura según sea el caso. Otra forma de verificar el nivel es colocando sobre la superficie de la base una regla de 3m. y corregir las irregularidades mayores a 1,5 cm.</li> </ul>
<b>Concretos</b>	<b>Acciones preliminares</b>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique los encofrados o testers, terrenos, paredes de las excavaciones y cualquier otro que vaya a recibir el concreto. Humedezca paredes porosas que pudieran quitar humedad al concreto. EPP básicos. Señalización. Rehidratación permanente. Señales preventivas, informativas y de peligro. Señale e informe cual será la ruta de ingreso y salida de las carretillas, esto evitará accidentes. Refuerce los cruces provisionales sobre cruce de excavaciones, si aplica, recuerde que el peso es mayor a 200kg (persona, carretilla y concreto)</li> <li>• Identifique: caños, nacederos, fuentes de agua, colectores de aguas lluvias, etcétera; informe al grupo sobre la importancia de no dejar caer concreto cerca o en esos sitios.</li> </ul> <p><b>Refuerzo Estructural.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacene el acero estructural cubierto y en burros, para evitar la oxidación. Limite el área de almacenamiento. No permita que el acero estructural contamine con óxido el suelo o fuentes de agua.</li> <li>• Figure el acero estructural, siguiendo el plano de despiece. Use un burro adecuado para figuración en obra, use ayudas como el bichiroque para apretar el alambre de forma que no quede suelto el acero amarrado, Verifique la idoneidad del oficial que va a hacer el trabajo, durante el proceso y luego de amarrado el acero el supervisor civil, ingeniero residente o coordinador de calidad deben revisar dimensiones, separación entre flejes, posiciones y traslajos. Tenga un recipiente debajo del lugar de corte, recoja la escoria y la limadura. Marque el recipiente con "Material Peligroso". Recoja los taches resultantes de la operación, inclúyalos en un recipiente y manéjelo de acuerdo con la disposición de residuos sólidos.</li> <li>• Arme el refuerzo estructural de acuerdo con el plano de despiece. Verifique la disposición y cantidad de elementos según plano.</li> <li>• Use arnés con eslinga en espacios confinados, con profundidades superiores a 1.5m, cuando aplique. No permita el desperdicio de alambre.</li> </ul> <p><b>Encofrado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arme la estructura del encofrado verificando las medidas internas. Verifique las distancias de recubrimiento, use paneles o separadores para cumplir con lo</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<p>establecido en los cortes típicos. EPP básicos. Señalización. Rehidratación permanente. Use arnés con eslinga en espacios confinados, con profundidades superiores a 1.5 m, cuando aplique. Recoja los desperdicios de madera, puntilla, alambre etc., antes de retirarse del lugar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplique el desencofrante en proporción adecuada, para no perder la formaleta y no contaminar el concreto. No deje brochas, espátulas o cepillos dentro del encofrado. EPP básicos, más guantes de caucho industrial (nitrilo), y mascarilla. Cumpla con las recomendaciones del proveedor de desencofrantes especiales. Señalización. Use arnés con eslinga en espacios confinados, con profundidades superiores a 1.5 m cuando aplique. Disponga los recipientes de los desencofrantes en una bolsa roja, marcada con "contaminado"</li> </ul> <p><b>Preparación de Concreto En Obra:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponga de un lugar para el almacenamiento del cemento, se debe acopiar sobre estibas, madera o cualquier otro material que evite el contacto directo con el suelo, se debe tapar con plástico. No apoye los bultos contra muros, o taludes. Almacene por lotes y use primero el lote más antiguo. No guarde bultos abiertos por mucho tiempo para que el cemento no se dañe. Los arrumes no deben superar 10 niveles. En cada nivel los bultos se deben trabar con respecto al nivel anterior. Esto facilita la manipulación y evita compactación de los bultos de los niveles inferiores.</li> <li>• Almacene la arena, y la grava sobre terrenos libres de material orgánico. La arena debe estar libre de sustancias tales como aceites, ácidos o alcalinos y no debe tener exceso de material fino o arcilla. Exija la licencia de explotación minera de la cantera que provea el material. Mantenga el material no utilizado cubierto para evitar lavado de agregados finos y evitar que se aumente la humedad.</li> <li>• Mantenga agua suficiente para elaborar el concreto. Use canecas limpias y con tapa. El agua deberá ser obtenida en lugares autorizados, o comprada a empresas con autorización.</li> <li>• Contrate un estudio de diseño de mezcla, que garantice la resistencia del concreto a utilizar en la obra, con un laboratorio seleccionado, por experiencia y certificaciones.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entregue muestras de los materiales que se usarían en las mezclas ANTES de hacer cualquier compra. Podrían no ser aptos y se perderían recursos</li> <li>• Haga repetir el diseño cuando cambie el material o el proveedor.</li> <li>• Mantenga una muestra de materiales de cada diseño, para comparar con cada suministro.</li> <li>• Elabore la mezcla siguiendo las recomendaciones del laboratorio.</li> <li>• Garantice las mezclas teniendo el número exacto de recipientes solicitadas, para cada mezcla, evitará fallas por errores de conteo.</li> <li>• Mantenga los recipientes limpios para evitar variaciones en el volumen. No use los recipientes de la mezcla en otras actividades, puede contaminar el concreto. Verifique e identifique el sentido de giro de la mezcladora para evitar atrapamientos con los piñones.</li> <li>• Al momento de realizar la mezcla de los materiales se debe tener en cuenta las cantidades que se han informado en el diseño de mezcla entregado por el laboratorio. La mezcladora debe estar sobre un plástico para evitar que el concreto o mortero que caiga al piso pueda ser recogido con facilidad.</li> </ul> <p><b>Concreto Comprado en Planta (Premezclado).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrate el servicio de concreto con una empresa legalmente constituida.</li> <li>• Verifique en la remisión de la planta: Resistencia, asentamiento, sello de la mixer (si aplica) y hora de salida del camión. Los conductores de planta deben cumplir con los requisitos para visitantes y su función está limitada al trabajo de operación de la mixer.</li> <li>• Solicite certificado de grava y arena y certificado de calidad del cemento.</li> </ul> <p><b>Trasiego del Concreto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargue el concreto de la mixer o mezcladora directamente a la carretilla, mezcladero o al encofrado. Evite trasiegos innecesarios.</li> <li>• Haga que la ruta de ida sea diferente a la de regreso.</li> <li>• Antes de fundir cualquier elemento previo se debe hacer revisión con el topógrafo y luego se hace liberación por parte del ingeniero a cargo.</li> <li>• Después que la mixer vacíe el concreto se traslada al punto de lavado ubicado en la Subestación el cual cumple con los requisitos ambientales necesarios.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vierta el concreto en forma secuencial, en el encofrado, mantenga un corte de instalación.</li> <li>• Use un vibrador para homogenizar el concreto.</li> <li>• Golpee con un martillo de caucho o chapulín la formaleta, para no deteriorarla o romperla. Las juntas de construcción se hacen según detalle de los planos APC.</li> <li>• Los acabados de los concretos se realizarán con llana o boquillera respetando las pendientes requeridas y garantizando un adecuado terminado.</li> <li>• EPP básicos más guantes de caucho (nitrilo), para el oficial y todos aquellos que manipulen el concreto.</li> <li>• Designe un obrero para que recoja los desperdicios que se generan fuera del área protegida. Todos los desperdicios de concreto que se generen se deben transportar al contenedor de concreto, para ser enviados a escombrera.</li> <li>• Después de instalado el concreto se debe proteger para obtener un adecuado curado, se le rocía agua constantemente o se le puede aplicar un antisol para su hidratación.</li> </ul> <p><b>Desencofrado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retire los entibados, soportes, parales y demás elementos teniendo en cuenta de no dañar el acabado final. Después del desencofrado se debe proteger el concreto para obtener un adecuado curado, se le rocía agua constantemente o se le puede aplicar un antisol para su hidratación.</li> <li>• Haga sacar todas las puntillas de los parales, tablonos y demás madera. No almacene material que no cumpla esta disposición. Revise estado de guantes y herramientas, mantenga orden y aseo en esta actividad.</li> <li>• Cuide la formaleta de madera, de tal manera que pueda usarla la mayor cantidad de veces posibles. Una vez cumplidos sus usos, almacene la madera teniendo en cuenta que es material contaminado.</li> </ul> <p><b>Ensayos de Laboratorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tome muestras para ensayo del concreto, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:</li> </ul>



Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar una muestra para ensayo por cada 20 m3 de concreto recibido de planta o preparado en obra, o Tomar una muestra para ensayo por día de trabajo, cuando el volumen sea inferior a los 20 m3, o una muestra por elemento cuando tengan resistencias diferentes.</li> <li>• La muestra se toma en la cochada o viaje que considere el ingeniero a cargo.</li> <li>• Se tomará muestra de slump a todas las mixer que ingresen a descargar concreto y a todos los concretos que se hagan en campo.</li> <li>• Se tomarán seis (6) cilindros de concreto como muestra por cada 20 m3 de concreto, por cada día de trabajo o por elemento fundido.</li> <li>• Los cilindros de concreto se tirarán de los moldes (camisas) entre 18 a 24 horas después de la toma de la muestra y se dejarán en una piscina hecha en campo cubriéndolos de agua en su totalidad hasta cuando se vaya a realizar el ensayo de resistencia a la compresión.</li> <li>• EPP básicos más guantes de caucho (nitrilo), para el oficial y todos aquellos que manipulen el concreto.</li> <li>• Proteja las muestras para ensayo del sol, viento y de cualquier otra fuente rápida de evaporación y de concentración una vez tomadas.</li> <li>• Lleve las muestras bien protegidas, use para ello un cajón reticulado protegido con espuma o icopor.</li> <li>• Reutilice el cajón de trasiego de muestras la mayor cantidad de veces.</li> <li>• Elabore registro estadístico de los resultados obtenidos del laboratorio, Matriz de resultados de cilindros de concreto.</li> <li>• Contrate rotura de núcleos o ensayos similares de las estructuras cuyas muestras dieron baja resistencia los 56 días.</li> <li>• Al finalizar las actividades siempre se debe realizar jornada de orden y aseo.</li> </ul>
<p><b>Instalación de malla puesta tierra</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicie excavación cumpliendo lo establecido en el procedimiento de excavación.</li> <li>• Mantenga las excavaciones abiertas durante el menor tiempo posible.</li> <li>• Haga las mejoras de terreno cuando los estudios previos lo hayan recomendado.</li> <li>• Instale los conductores según la disposición de los planos APC, siguiendo las indicaciones del procedimiento para soldaduras exotérmicas</li> <li>• Use lo EPP básicos, adicionalmente proteja su rostro, y manos usando los EPP para soldar.</li> <li>• Recoja la escoria en un balde, para ser dispuesto como chatarra.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instale las colas según lo establecido en planos, deje evidencia del material usado.</li> <li>• Proteja las colas usando varas que indiquen claramente su posición.</li> <li>• Proteja las colas cubriéndolas con cinta de señalización para evitar que su punta se desfigure.</li> <li>• Señalice las varas de indicación, para evitar tropiezos.</li> <li>• Rellene las excavaciones con capas de material seleccionado no mayores a 20 cm compactado.</li> </ul> <p><b>Verificación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Haga mediciones de resistencia de la puesta a tierra instalada, (La medición es realizada por un ente que certifique RETIE para la bahía de conexión)</li> <li>• Haga la mejora de la resistencia de la puesta a tierra a tierra si es necesario.</li> <li>• Repita el proceso de medición y mejora de la resistencia hasta lograr la medida solicitada.</li> </ul>
<p><b>Montaje de estructuras metálicas y de concreto</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el área donde se hará el movimiento de las estructuras, teniendo en cuenta la dimensión de la estructura y equipo a utilizar para el acenso conociendo claramente, las variables peso, volumen y distancia de recorrido entre la estructura y donde finalmente se instalará.</li> </ul> <p><b>Transporte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se transportaran las estructuras desde bodega de acopio hasta lugar de montaje de torre o poste, donde se debe tener todo el cuidado en las maniobras de carga y descarga, especialmente al operar la grúa, evitando daños por golpes. Apoyar las estructuras sobre tacos de madera, tanto sobre los vehículos de transporte, como en el suelo. Colocar separadores de madera para evitar contacto entre las piezas.</li> </ul> <p><b>Pre-Armado</b></p> <p>Es la fase preliminar de montaje de estructuras y está compuesta de dos etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separación de las piezas conforme su posición en las diversas partes que componen la estructura.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montaje en el piso del conjunto de piezas que componen determinada parte de la estructura, y preparación de las demás piezas que serán montadas directamente en su sitio de aplicación, separadas en grupos de acuerdo a la secuencia de su montaje.</li> </ul> <p><b>Montaje de Estructuras</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se unen las piezas metálicas, ángulos, a través de pernos, siguiendo los planos del Proyecto en cuanto a tipos, ubicaciones y cantidades.</li> <li>• Siete (7) días como mínimo después del vaciado de concreto de las cimentaciones, a menos que se haya autorizado la utilización de acelerantes para el fraguado del concreto y cuando se haya terminado el relleno de la cimentación o base, podrá iniciarse el pre-armado.</li> <li>• Se analiza y verifica con los inspectores de seguridad los radios de acción de estos movimientos, alturas a las que se realizarán, identificando los peligros y los posibles daños a estructuras o líneas existentes, el operador de la grúa o de la pluma debe participar de la charlas antes de iniciar cualquier movimiento, conociendo los riesgos que se puedan presentar.</li> <li>• Verificar que todo el material entregado esté de acuerdo con los documentos de liberación de los mismos (recibo, informes de inspección, dossier, etc.) y no se encuentren dañados.</li> <li>• Se debe verificar el estado de los equipos y herramientas a utilizar en este proceso (llaves, pernos, tuercas y demás elementos), que formen parte de la pre-fabricación de la estructura.</li> <li>• Se iniciará el prearmado de las partes una vez se tenga una estructura seleccionada y bien ubicada en el sitio de las torres que se va a montar, como tenemos en cuenta los planos y especificaciones se prearman las piezas o partes de las torres sin darle ajuste final, para continuar con el armado y posteriormente terminada de montar la torre se le dará ajuste final.</li> <li>• Ajustar y realizar de una vez el punzonado o remache de la tornillería para que se monte con su estado definitivo a los brazos o ménsulas.</li> <li>• Proceder a montar prearmada la torre y ubicadas sus partes de acuerdo al orden del montaje mediante la utilización de la grúa, pluma metálica, el winche o malacate, de la siguiente manera:</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<p>Si se va a efectuar con grúa tener en cuenta los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ubicará la grúa / camión grúa lo más cerca posible de la carga y de la cama alta, para izar para cargarlo y para descargarlo.</li> <li>• En esta posición, el operador de la grúa / camión grúa verifica el plan de izaje teniendo en cuenta las posiciones inicial y final de la carga, los ángulos y la longitud del brazo hidráulico.</li> <li>• El aparejador coloca el estrobo o la eslinga en el centro de gravedad de la estructura prearmada y la cuerda guía. Luego será elevada lentamente y llevado hasta el sitio deseado, siendo guiado por el aparejador utilizando la cuerda guía y sin tocar la carga. Esta acción debe hacerla el aparejador desde el piso, nunca encima de la grúa o de la plataforma del camión grúa.</li> <li>• Una vez está en la posición correcta en el sitio destino para descargarlo, el operador de la grúa o del camión grúa debe ubicarlo en su sitio lentamente.</li> <li>• Durante las actividades precedentes, ni operador de la grúa o del camión grúa, ni aparejador, deben estar en la línea de fuego de la carga.</li> <li>• Cuando la estructura prearmada ha quedado en el sitio, el operador de la grúa o del camión grúa baja el gancho hasta que las eslingas quedan libres de tensión, inmediatamente el aparejador retira la cuerda guía y levanta el pestillo de seguridad para retirar las eslingas.</li> <li>• Finalmente se recogen todos los aparejos y se realiza limpieza al sitio de trabajo.</li> <li>• Esta actividad se realiza cada vez que se realice el montaje de una parte de la estructura prearmada.</li> </ul> <p>Si se va a efectuar con pluma metálica tener en cuenta los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar los vientos o manilas que sirven inicialmente para hincar la pluma, fija la pluma apoyándola en un extremo en el piso y se levanta del otro extremo mediante la ayuda del personal o un palo de apoyo, las manilas trabajarán como vientos que tendrán la pluma hincada. En cada viento se ubicará un ayudante que debe estar pendiente de este mientras que la pluma este cargada o en plano de trabajo izada.</li> <li>• Preparar la pluma, fijarla asegurar los vientos para subir la carga en el extremo superior de la pluma se ubica una polea pequeña de trabajo pesado sujeto</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<p>con estrobos de guaya, manila o sogá de 3/4" en buen estado y suficiente resistencia para levantar la carga. Posterior mente se extiende la guaya (también se utiliza manila o sogá de 3/4" en buen estado con resistencia apropiada para el peso a izar), del aparejo que va a ser utilizado el wincher o malacate. La punta se pasa por la polea ubicada en el extremo de la pluma y se baja hasta adosarla a la carga o pieza que se va a izar, también se debe colocar el extremo inferior de la pluma a otra polea por donde pasa la guaya del winche para hacer trabajar todo el conjunto como un polipasto. Si es necesario utilizar varias poleas para direccionar bien la guaya de trabajo del winche, se debe hacer de tal forma que esta no se quiebre o se talle al momento de izar la carga.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar la guaya o manila del aparejo en la pluma, se ubica el, malacate o winche de tal forma que el operador quede ubicado lejos del ángulo de incidencia del manejo de la carga y pueda ver en forma perfecta el izaje de la carga, se ancla el malacate quedando listo para operar.</li> <li>• Se prepara la pieza o estructura para izar, como precaución en el izaje se coloca vientos o manilas para la guía mientras se ubica la pieza en el sitio definitivo.</li> <li>• Ubicar los oficiales que van a intervenir en la operación de izaje y especialmente a pegar las piezas en lo alto luego de fijar la pluma, asegurar, preparando el winche con su aparejo, agarrada la carga y teniendo en cuenta todas las precauciones necesarias mientras que se sube y figura la torre.</li> <li>• El despachador dar la orden de izar las piezas prearmadas anteriormente y que van conformando la torre cuerpo por cuerpo cuando esté listo el personal de arriba y los encargados de los vientos el capataz o jefe de grupo le da la orden al motorista del malacate para que inicie la operación de izaje despacio y de forma segura.</li> <li>• Llevar la pieza a la posición final, se ubica y se asegura con la tornillería que va pegada en ella y que se colocó en el prearmado, si la pieza izada se debe sostener mientras se le coloca el complemento, se hace con los vientos, se asegura y se libera la guaya, manila o sogá de 3/4" del aparejo.</li> <li>• Se repite el proceso anterior con la guaya, manila o sogá de 3/4" liberada de la misma forma y con los mismos cuidados, hasta completar el montaje de la torre.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos																				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se debe olvidar que en cada movimiento de la pluma y en la medida que se sube, para cuando se vaya a utilizar en el izaje, la parte inferior de esta debe estar muy bien asegurada con guaya o manila de ¾" y amarrándola de tal forma que quede sujeta con el punto de apoyo de la pluma.</li> <li>Bajar la pluma finalizando el montaje de la torre, con el mismo aparejo por dentro de la torre teniendo el cuidado de ir liberándola poco a poco hasta que llegue al piso y allí se lleva manualmente a la posición horizontal, para liberar la guaya o manila de ¾" del aparejo del winche y seguido al malacate para finalizar la operación.</li> </ul> <p><b>Revisión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Concluido el montaje, se procederá a la revisión completa de la estructura observando la posición de los componentes, falta de pernos, piezas y arandelas, daños al galvanizado, limpieza verificación del torque de los pernos de acuerdo a los valores recomendados por el fabricante o la norma que rija actualmente.</li> </ul> <table border="1" data-bbox="539 1108 1286 1474"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Diámetro de perno</th> <th colspan="2">Torque para Apriete</th> </tr> <tr> <th>kg-m</th> <th>lb-pie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M12 1/2" = 1.27 cm</td> <td>3.6 – 5.0</td> <td>25.3 – 36.1</td> </tr> <tr> <td>M16 5/8" = 1.59 cm</td> <td>9.1 – 12.5</td> <td>65.8 - 90.4</td> </tr> <tr> <td>M20 3/4" = 1.91 cm</td> <td>18.0 – 24.5</td> <td>86.8 - 137.4</td> </tr> <tr> <td>M22 7/8" = 2.22 cm</td> <td>18.0 - 30.0</td> <td>130.2 - 217.0</td> </tr> <tr> <td>M24 1" = 2.54 cm</td> <td>25.0 - 45.0</td> <td>180.8 - 325.5</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>La torsión y verticalidad de la estructura metálica será verificada mediante el uso de un teodolito o estación Total.</li> <li>Organizar el área procurando siempre el orden y aseo.</li> </ul>	Diámetro de perno	Torque para Apriete		kg-m	lb-pie	M12 1/2" = 1.27 cm	3.6 – 5.0	25.3 – 36.1	M16 5/8" = 1.59 cm	9.1 – 12.5	65.8 - 90.4	M20 3/4" = 1.91 cm	18.0 – 24.5	86.8 - 137.4	M22 7/8" = 2.22 cm	18.0 - 30.0	130.2 - 217.0	M24 1" = 2.54 cm	25.0 - 45.0	180.8 - 325.5
Diámetro de perno	Torque para Apriete																				
	kg-m	lb-pie																			
M12 1/2" = 1.27 cm	3.6 – 5.0	25.3 – 36.1																			
M16 5/8" = 1.59 cm	9.1 – 12.5	65.8 - 90.4																			
M20 3/4" = 1.91 cm	18.0 – 24.5	86.8 - 137.4																			
M22 7/8" = 2.22 cm	18.0 - 30.0	130.2 - 217.0																			
M24 1" = 2.54 cm	25.0 - 45.0	180.8 - 325.5																			
<p><b>Vestida de estructuras de alta tensión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verifique previo a la vestida de las estructuras de cada tiro programado para el tendido, que cada estructura esté verificada y lista con las siguientes actividades:</li> <li>Que el ajuste de la estructura esté revisado y en condiciones de que podamos cargar la estructura y la verificación de la torsión y la verticalidad.</li> </ul>																				

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vestir cada una de las fases o brazos de las torres según su tipo (suspensión o en retención), atendiendo las especificaciones técnicas, los planos de las cadenas diseñadas para los tipos de torres descritas en la tabla de torres de vestida y las instrucciones del fabricante de los aisladores.</li> <li>• En las torres de suspensión se utilizarán las cadenas con sus aisladores más una rotula horquilla en sus herrajes, para colgar el chasis que sostendrá las poleas utilizadas en soportar los conductores que se debe regar para cada fase.</li> <li>• La cadena y sus herrajes utilizados para la actividad del tendido se suben al brazo de la torre mediante un aparejo en doble o triple de manila, del que una de sus poleas se cuelga del brazo de la torre con un estrobo de manila y la otra polea de abre hasta donde pueda agarrar el conjunto total de la cadena incluyendo las poleas de tendido del conductor y el pescante. La manipulación de las cadenas se hará de acuerdo a las instrucciones o recomendaciones del fabricante de los aisladores.</li> <li>• Los dos oficiales suben a la torre y ubican el aparejo en sitio adecuado para subir cada cadena en cada brazo y el resto del grupo abren y recogen el jalai del aparejo para que suba la cadena a colgar, la cual será ubicada y posicionada por los oficiales que están en el brazo de la torre, debidamente asegurados con los equipos para trabajo seguro en altura.</li> <li>• Vestido el brazo o colgada la cadena, se repite la actividad para cada brazo correspondiente a cada fase a tender. Una vez realizada la operación se da por terminada esta actividad y se procede a seguir a la siguiente torre donde se repite la actividad.</li> <li>• En las torres de ángulo o retención, no se utiliza la cadena de aisladores y sus herrajes. El conjunto del chasis y las poleas se cuelgan directamente a la estructura del brazo, teniendo en cuenta que si el ángulo es muy fuerte se le debe colocar un viento, para que pueda operar cómodamente la polea y no vayamos a tener descarrilamiento de las guayas que nos causen problemas.</li> <li>• Teniendo en cuenta todas las recomendaciones para la colocación de las cadenas en los dos tipos de torres y realizado la operación en las torres del tiro preparado, se da por terminada la actividad de vestida.</li> </ul>
<p><b>Tendido de conductores y</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se inicia con la vestida de las estructuras para cada tiro de tendido programado, la primera actividad en ejecutarse es la colocación de las cadenas de aisladores y herrajes de acuerdo con como se indica en el plano de diseño.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
<p><b>cable de guarda</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las únicas torres o postes que se visten y se les colocan los aisladores son las de tipo suspensión, pero en lugar de montarles la grapa de suspensión se le colocan las poleas para el tendido de los conductores.</li> <li>• Estando ya posicionado el liniero en el brazo de la torre o poste se coloca una polea sencilla en la estructura, de tal manera que se utiliza como polipasto para el izaje de la cadena. Desde el piso otro liniero o ayudante, mediante el uso del polipasto suben la cadena de aisladores con la polea y la montan para que quede disponible para el tendido.</li> <li>• Previo al inicio de la actividad de vestida como tal, se deben realizar todos los alistamientos que aseguren la actividad y no vayamos a tener equivocaciones al realizar esta actividad en el brazo correspondiente. Seguidamente de la actividad anterior se realiza la riega de la manila o guaya para pescante, Utilizando un programa de tendido que se elabora previamente.</li> <li>• Durante los procesos de cargue y descargue de los equipos y de carretes de conductor se debe tener especial cuidado, por lo tanto, deben emplearse grúas de capacidad adecuada.</li> <li>• En la realización del programa de tendido se definen primeramente los tiros de tendido teniendo como relevancia la selección del sitio donde se despachan los conductores a tensión controlada utilizando para esta actividad el freno, y la plaza del malacate, sitio donde se jala la guaya para pescante que es la guía con que se traen los conductores.</li> <li>• Los equipos deben contar con sus respectivas puestas a tierra locales, que garanticen la seguridad de los operadores y los certificados de mantenimientos, para garantizar que se va a obtener una tensión mecánica de tendido constante y uniforme, independientemente de la velocidad de desarrollo.</li> <li>• Para la selección de los tiros y plazas también se tiene en cuenta, que el sitio sea de un área donde se puede maniobrar con vehículos grandes y haya el espacio suficiente para ubicar todo el equipo necesario para la actividad de despacho y la actividad de halado.</li> <li>• Seleccionados los sitios de plazas se elabora un programa de tendido y se plasma en una sábana que se constituye como el anexo principal a la hora de realizar la actividad de tendido, el cual incluye la siguiente información:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Longitud, número y ubicación de cada uno de los carretes o bobinas que se utilizaran el tiro.</li> <li>– Ubicación donde quedan los empalmes.</li> </ul> </li> </ul>



Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los esfuerzos máximos sobre cada estructura y carga sobre poleas.</li> <li>- Ubicación de los contra tiros o contra poleas.</li> <li>- Ubicación de los radios y todo el sistema de comunicación.</li> <li>- Ubicación de las protecciones.</li> <li>- Indicación donde van los amarres y vanos utilizados para tener de referencia en la flechada de los conductores.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La sabana de tendido siempre debe tener como base el plano de planta perfil donde se le adjunta toda la información del programa. Una actividad previa al inicio del desarrollo de la actividad de tendido de conductores es la verificación de la ubicación y empotramiento de los anclajes para la retenida de los conductores y los equipos. El supervisor del tendido junto con los capataces de malacate y freno debe hacer esta verificación para que todo esté bien y acorde con la cantidad de anclajes necesarios para las retenidas.</li> <li>• Ya con el programa de tendido elaborado, las plazas seleccionadas y preparadas se debe hacer una verificación de que la riega está totalmente en orden, se levanta el cordino, se tensiona, se verifican que los contra tiros están funcionando y que las comunicaciones operen totalmente en perfecta sincronización, especialmente las comunicaciones entre los operadores de malacate y freno para que no se presenten paradas súbitas ni aceleradas de forma descontrolada.</li> <li>• Se debe disponer de mecanismos para controlar rápidamente eventuales desvíos, la posición del malacate con relación a las bobinas debe proporcionar un ángulo de aproximación de tal manera que evite el rozamiento del cable con los bordes de los surcos del tambor del malacate, debiendo evitar el rozamiento entre las espiras salientes de las bobinas. la distancia entre las bobinas y el malacate debe ser adecuada para permitir un desarrollo continuo y suave, evitando daños al cable.</li> <li>• Los cables se mandan empalmados desde el freno y para el caso de los que tengan componentes en aluminio se protegerán mediante pasa empalmes que su función es que el empalme no sufra deformaciones en el paso por las poleas.</li> <li>• Cuando se esté realizando la actividad de riega de la guaya el freno del carrete se hará con la ayuda de bastiones de madera y las personas siempre deben estar en la parte de atrás del carrete, nunca al frente para evitar de esta forma posibles incidentes del personal que ejecuta la actividad.</li> </ul>

Actividades	Métodos Constructivos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para iniciar la actividad de tendido de conductores, guarda y OPGW, como se ha programado, se debe tener precaución de colocar siempre a un guía que vaya supervisando la punta del conductor, con el objeto de informar al malacate que hale muy despacio a la hora de pasar la punta por las poleas especialmente donde haya ángulos, adicional se contará con linieros en el cuerpo de las torres, nunca en los brazos mientras se esté realizando el halado, provistos con radios para tener constante comunicación con los operarios del malacate y del freno, e informar sobre cualquier situación que se presente, cuando la punta del conductor, guarda o el OPGW llegue al malacate, se hará toda la maniobra de retención llevando el conductor lo más aproximado a flecha, y se da por terminado el tendido del conductor seleccionado. Se repiten todos los pasos anteriores para cada conductor hasta completar el total de conductores y dar por terminada la actividad.</li> <li>• Orden y aseo.</li> </ul>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### 3.2.4.2 Operación

Esta fase corresponde a las actividades asociadas al funcionamiento de los paneles fotovoltaicos y al mantenimiento de las instalaciones, considerando una vida útil del Parque Solar de 30 años. Esta etapa de funcionamiento del Parque Solar comprende además de la generación de energía eléctrica a partir de la radiación solar, las labores propias a desarrollar por el personal encargado o responsable del funcionamiento de oficinas, sala de control y tareas de mantenimiento de la infraestructura física como de cada uno de los sistemas o componentes del parque fotovoltaico.

#### 3.2.4.2.1 Esquema de operación del proyecto fotovoltaico

Estará formado por una serie de módulos, conectados eléctricamente entre sí en serie y paralelo, encargados de transformar la energía del sol en energía eléctrica, generando una corriente continua (DC) proporcional a la irradiancia solar que incide sobre ellos. Sin embargo, no es posible inyectar directamente la energía del generador fotovoltaico en la red eléctrica, precisando ser transformada en corriente alterna para acoplarse a la misma.

Esta corriente se conduce al inversor que, mediante la electrónica de potencia, la convierte en corriente alterna a la misma frecuencia y tensión que la red eléctrica (en este caso a nivel de baja tensión).

Mediante transformadores de potencia se eleva la tensión eléctrica de generación a niveles de media tensión (34,5 kV), para la distribución interna de cada planta, para poder evacuar la energía con las menores pérdidas posibles hasta la Subestación Elevadora con el fin de ser evacuada por la línea de alta tensión y conectar al STN.

La energía de media tensión desde las 26 estaciones de media tensión donde se encuentran los inversores y transformadores de media tensión, es llevada por banco de ductos hasta las cajas colectoras de media tensión, para posteriormente ser llevada mediante cinco (5) Líneas de media tensión internas del parque de manera subterránea mediante zanjas, hasta llegar a la Subestación Elevadora, donde la energía será elevada mediante transformadores de alta tensión de 34,5 kV a 230kV, para posteriormente ser evacuada hasta la bahía de conexión 230 kV a construir en la Subestación Mirolindo de Ibagué, lo anterior mediante una Línea de Transmisión de circuito sencillo

a una tensión de 230 kV con una longitud de 13,1 km, y una servidumbre de 32 metros, soportada con torres CareGato en la zona rural del proyecto, y por postes y torrecillas en la zona urbana donde irá también por tramos subterráneos. Tanto la Subestación Elevadora del Parque Solar como la Bahía de Conexión contarán con los equipos necesarios para su adecuado funcionamiento, seguridad y protección.

A continuación, se presenta de manera esquemática la operación del parque para la generación y despacho de la energía, con la distribución física tipo de los diferentes componentes que harán parte del proyecto solar., como los de generación, inversión, transformación, elevación y transmisión de la energía generada, presentando la relación entre sí.

Ibagué y Piedras (Tolima)

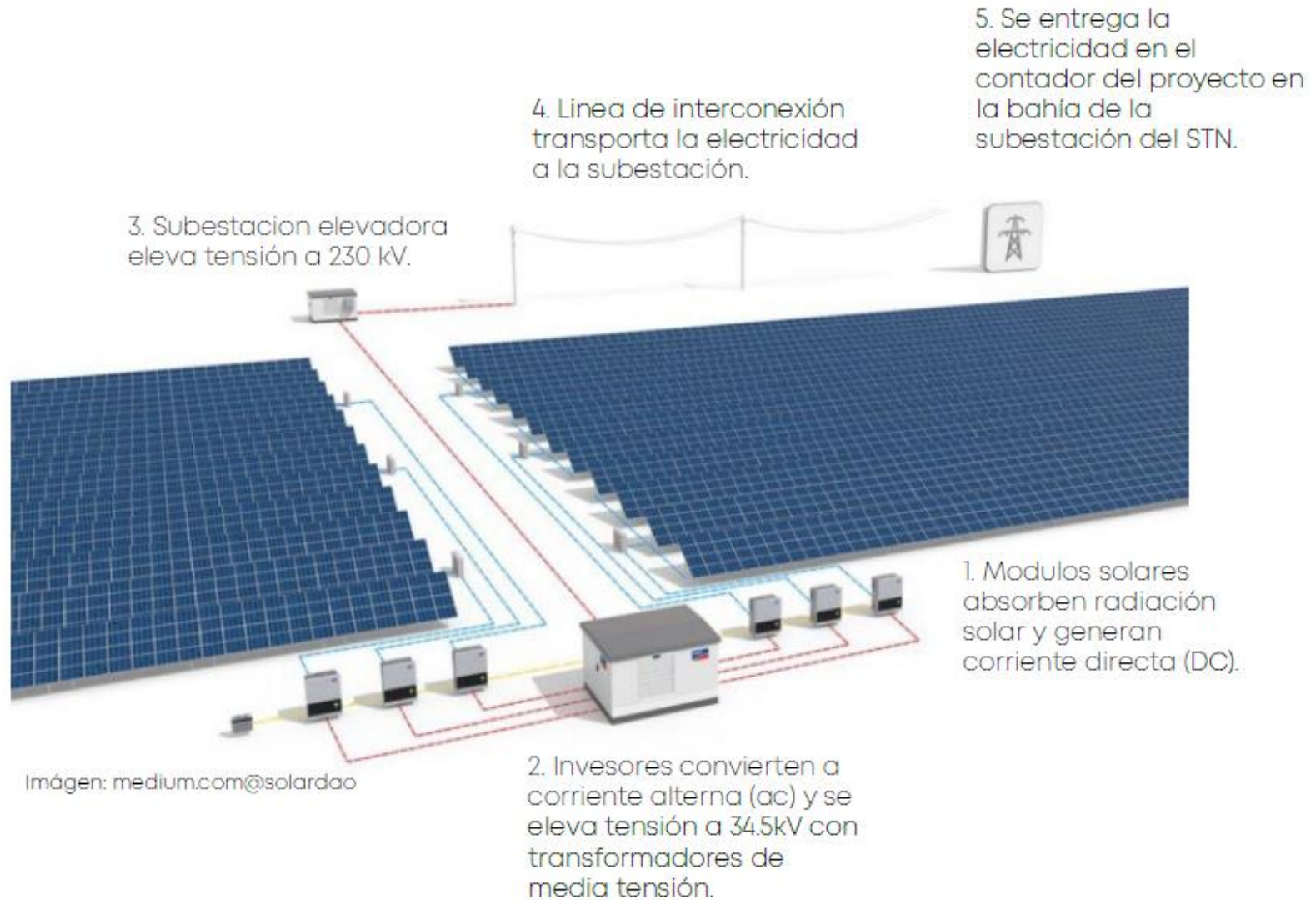


Figura 3.95. Esquema de operación del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La .

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### 3.2.4.2.2 Generación de energía eléctrica

Durante la operación del Parque Solar las células fotovoltaicas de los paneles solares absorberán, a través de la luz, la energía solar, para transformarla en energía eléctrica, la cual será transmitida en corriente continua de baja tensión, por lo que luego deberá ser adaptada en tensión y corriente. Esta última será transformada a corriente alterna en los centros de transformación y posteriormente elevada a una mayor tensión y corriente, para luego ser conducida a través de las canalizaciones subterráneas al respectivo centro de control y finalmente ser transmitida en una potencia de 160 MWac.

El proceso descrito será telecomandado o desatendido, es decir no requiere mano de obra para su funcionamiento. El personal contemplado para esta etapa consistirá sólo en personal de seguridad y limpieza del Parque Solar y regularmente operarios de mantenimiento, así como el operario de turno encargado de supervisar que todo el sistema eléctrico funcione correctamente.

#### 3.2.4.2.3 Energización de la línea de conexión y operación.

El proceso de energización de la línea de conexión es la puesta en marcha del sistema. Esta puede realizarse en dos circunstancias, la primera cuando se pone en funcionamiento inicial al sistema y la segunda cuando hay un disparo de la línea (interrupción de flujo). Esta actividad se realiza desde los tableros de control automatizados en la subestación elevadora del Parque y en la Bahía de Conexión 230kV.

Para energizar la Línea de Transmisión y su Bahía de Conexión 230kV e integrarla al Sistema de Transmisión Nacional -STN con el fin de que el operador local, pueda prestar un servicio óptimo a sus usuarios, se realizan las siguientes pruebas:

- Pruebas pre operativas: Se verifican los ajustes y calibraciones electromecánicas, chequeo de equipos, conexiones, aisladores, revisión de tornillería, estructuras de soporte, fundaciones, anclajes, nivelación, inspección de los elementos de control de protección, medida, gabinetes de control, aterrizaje de equipos, estructuras, conexiones a tierra, etc.

- Pruebas individuales: Se realizan pruebas de tipo eléctrico, necesarias para verificar el estado de los equipos después de su transporte, almacenamiento y montaje, a la vez que se utilizan en algunos casos para confrontar resultados de pruebas en fábrica.
- Pruebas funcionales y de puesta a servicio: Se verifica el cumplimiento de todos los esquemas y filosofías de control, protección, medida y comunicaciones de tal manera que permitan asegurar la operación de todos los sistemas y equipos de manera local y/o remota desde el centro de control. Al mismo tiempo, permite establecer la respuesta de los equipos y sus sistemas de control y protección a las exigencias y esfuerzos, producto de las etapas de pruebas, puesta en servicio de la Línea y Bahía, así como la conexión al Sistema de Transmisión Nacional mediante la Subestación Miro lindo.

Durante la operación se realiza lo siguiente:

- Supervisión remota: Desde el centro de control y el sistema de monitoreo, se mantiene supervisión continua del estado de los diferentes equipos, así como de sus condiciones operativas. Se cuenta con personal las 24 horas del día los 365 días del año.
- Supervisión local: En la Subestación Miro lindo, se contará con el personal que verifica las condiciones logísticas y coordinará las labores administrativas que se deben desarrollar diariamente, así mismo, realizara operación de los equipos en caso de ser necesario por pérdida de supervisión desde el centro de control.

#### 3.2.4.2.4 Potencia a instalar y energía firme esperada.

El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La se compone de seis (6) zonas de generación, y contará con la siguiente capacidad a instalar aproximada propuesta:

- ✓ Capacidad nominal instalada: 160,0 MWac.
- ✓ Capacidad pico total: 209,34 MWp
- ✓ Potencia de salida máxima en el punto de interconexión: 160,0 MWac
- ✓ Potencia de salida mínima en el punto de interconexión: 0,0 MWac

- ✓ Producción específica: 1.841 kWh/kWp/año
- ✓ Producción energía anual (generación neta y bruta): 385.445 MWh/año
- ✓ Producción energía mensual (generación neta y bruta): 32.120,42 MWh/año
- ✓ Tensión normal de la Línea de Transmisión y Bahía de Conexión al STN: 230kV a SE Mirolindo de Ibagué

#### 3.2.4.2.5 Actividades y procesos a ejecutar durante la etapa de operación del Proyecto.

El proyecto contempla una etapa operativa de 30 años, tiempo en el cual se desarrollarán las actividades relacionadas con la operación del Parque Solar, acorde con los lineamientos ambientales existentes y concordantes con las condiciones ambientales y sociales específicas para el proyecto; en la etapa operativa se realizarán las siguientes actividades:

##### 3.2.4.2.5.1 Limpieza y mantenimiento del Parque Solar

El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La requiere un mínimo de mantenimiento, correspondiente a una inspección visual periódica para comprobar el buen estado de los paneles e instalaciones de apoyo. Igualmente, teniendo en cuenta el bajo nivel de precipitación pluvial de la zona, es indispensable la limpieza periódica de los módulos con agua para mantener las mejores condiciones de captación de la radiación.

Es importante destacar que no se generarán efluentes producto de la limpieza de los módulos, el agua utilizada se evaporará desde la superficie de cada estructura o en su defecto, ésta caerá a la superficie del terreno y será absorbida. Igualmente, cabe mencionar que el agua absorbida presenta características similares a las del agua lluvia, puesto que sólo contiene restos de polvo y no presenta contaminantes que puedan afectar la calidad del suelo y/o los cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

#### ➤ **Mantenimiento preventivo**

Consiste en el conjunto de actividades a realizar en los equipos instalados en el parque Fotovoltaico de manera sistemática y programada, y que se dirigen a obtener las



condiciones óptimas de funcionamiento del éste, la mayor disponibilidad de sus equipos, así como prevenir las averías de los equipos instalados en el parque.

A continuación, se resumen algunas de las tareas más representativas:

- **Reparación de cerco perimetral:** Control y reparación del cerco perimetral para prevenir posibles daños en la misma, que serán corregidos mediante las oportunas medidas correctivas.
- **Mantenimiento de equipos contra incendios y de seguridad:** Inspección y control de los equipos contra incendios existentes en el Parque Solar, así como dispositivos de seguridad. Las medidas correctivas serán realizadas por empresa externa especializada.
- **Control de herbáceas y malezas:** Controlar las malezas que aparecen en el terreno del Parque Solar y que pueda producir sombreado en los módulos y consecuentemente una pérdida de producción.
- **Control de vegetación:** Controlar el estado de los arbustos y resto de vegetación en cada Parque Solar, principalmente en el perímetro de este tanto interno como externo. Los trabajos serán realizados manualmente. Se limitará la altura de los árboles colindantes a 4 metros para evitar que estos produzcan sombra sobre los módulos y para evitar la interferencia con la línea eléctrica de interconexión.
- **Control de canalizaciones, tubos, cajas de conexión:** Controlar el estado de los canalizados con el cableado eléctrico del Parque Solar, así como el estado de las

cajas de conexiones y tubos. Si hubiera incidencias se tomarán las correspondientes medidas oportunas.

- **Control de los seguidores:** Inspección y control del correcto funcionamiento de los seguidores, las estructuras serán inspeccionadas frente a corrosión y deformación y para los motores se comprobará la estanqueidad de las tapas o defectos. Serán realizadas las correspondientes actuaciones para engrasar las partes que lo requieran.
- **Control de las estructuras de los módulos:** Controlar el correcto estado de las estructuras metálicas donde se soportan los módulos, de modo que se inspecciona las posibles incidencias de corrosión en las mismas, realizando las medidas correctivas como pintura anticorrosiva mediante spray. Se inspeccionarán igualmente los anclajes, tornillería realizando los reaprietes necesarios. Igualmente se revisarán las fundaciones y sus uniones a las estructuras.
- **Control de los módulos fotovoltaicos:** Verificar visualmente el estado general de los módulos, y de las series (strings) y Cajas de Conexiones (String o DC boxes) de toda la planta fotovoltaica, en cuanto a sus componentes mecánicas (células, tedlar, marco, caja conexiones, vidrio y cableado). Verificar el comportamiento eléctrico mediante multímetro y cámara termográfica.
- **Limpieza de sensores:** Verificación y limpieza de los sensores y células calibradas. Inspección y Control de los inversores. Inspección del estado general de los inversores, así como de sus interconexiones con las protecciones eléctricas en su entrada en continua y salida en alterna. Se controlará la existencia de humedad,

malas conexiones, polvo interno, sobre calentamiento. Igualmente se verificarán las alarmas y el correcto funcionamiento de las variables eléctricas.

- **Inspección y control de la estación meteorológica:** Inspección del estado general de las estaciones meteorológicas. Se controlará la existencia de humedad, malas conexiones, polvo interno, sobre calentamiento. Igualmente se verificarán las alarmas y el correcto funcionamiento de las variables eléctricas, el estado de comunicaciones, sensores y adquisición de datos.
- **Inspección y control de las instalaciones eléctricas y sus protecciones:** Inspección del estado general de todos los elementos eléctricos como cableado, conexiones, protecciones eléctricas, cajas de conexión. Se realizarán maniobras de control del correcto funcionamiento de las protecciones. En caso de incidencia, se realizarán las correspondientes medidas correctivas.
- **Inspección y control del estado y funcionamiento de los transformadores:** Inspección y control del estado de los transformadores en Media Tensión (MT) y de servicios auxiliares, de la existencia de fallas, humedad, corrosión, así como de su funcionamiento eléctrico. Caso de ser necesarias medidas correctivas, será posible subcontratar empresa local especializada en MT o también para realizar las inspecciones oficiales de acuerdo con la normativa local.
- **Inspección y control del estado de las estaciones inversoras MT:** Inspección y control del estado de las protecciones en MT, elementos en Baja Tensión (BT) como el cuadro de conexión de las series de los módulos, de la existencia de fallas, humedad, corrosión, así como de su funcionamiento eléctrico. Caso de ser necesarias medidas correctivas, será posible subcontratar empresa local

especializada en MT o también para realizar las inspecciones oficiales de acuerdo con la normativa local. Revisión de los sistemas de seguridad, servicios auxiliares, de iluminación, monitorización y cualquier otro equipo ubicado en las estaciones inversoras. Se incluye también la limpieza general de las instalaciones, cambio de filtros y revisión del sistema de ventilación.

- **Inspección y control del estado del centro de seccionamiento:** Inspección y control del estado del equipamiento, cuadros de control, servicios auxiliares, etc., de la existencia de fallas, humedad, corrosión, así como de su funcionamiento eléctrico. Se realizarán las medidas y comprobaciones de tierra, revisiones de los cuadros CA-CC, de alarmas, lubricación de disyuntores-interruptores, y en general todo lo requerido por el Cliente de acuerdo con sus bases de la licitación especificadas en el documento correspondiente.
- **Limpieza de módulos:** Limpieza de módulos. Limpieza de las superficies de los módulos fotovoltaicos con agua. El agua industrial requerida para la limpieza de los módulos fotovoltaicos es de aproximadamente 3 litros de agua por la limpieza de cada panel y por cada ciclo, requiriendo al año 2 ciclos aproximadamente. Sin embargo, los ciclos de limpieza dependerán de la frecuencia con que los paneles acumulen polvo suficiente para reducir su potencial de generación de energía. Teniendo en cuenta lo anterior y la cantidad de módulos proyectados a instalar (387.688 unidades), se obtiene un consumo por ciclo de 1163,1 m<sup>3</sup> de agua

El agua a utilizar en la limpieza es almacenada en un depósito desde donde se impulsa, por medio de una bomba, a unas pértigas (varas largas) que alcanzan hasta los 20 metros de altura; y la limpieza es hecha mediante cepillos, generalmente de poliéster, situados en los extremos de las pértigas (Fotografía 3.61). El sistema está compuesto por una máquina que trata e impulsa el agua

pura, una manguera que permite el trabajo hasta 100m de la máquina y las pértigas para la limpieza.



**Fotografía 3.61. Limpieza de paneles.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### ✓ **Mantenimiento correctivo**

El Mantenimiento Correctivo comprende el conjunto de actividades que son necesarias realizar ante una anomalía, falla o deterioro de sus condiciones normales de funcionamiento; contempla actividades tales como remplazo de piezas cercanas al término de la vida útil, además contempla las actividades de mantenimiento generadas por eventos no previstos como daño y robo (Fotografía 3.62).

Ibagué y Piedras (Tolima)



Fotografía 3.62. Reemplazo de piezas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Las operaciones correctivas más habituales son:

- **Cambio de módulos:** Sustituir los módulos fotovoltaicos averiados, tanto mecánica como eléctricamente.
- **Cambio de inversores:** Cambio de los elementos con falla de un inversor, o el inversor completo si el fabricante o la optimización del Parque Solar así lo requiera. Se realizará la actualización del software que correspondiera.
- Reinicio y puesta en marcha del parque fotovoltaico ante una falla en la red eléctrica o posterior a una reparación de falla, se deberá reiniciar el Parque Solar a la mayor brevedad.
- Reinicio del sistema de monitorización ante una caída en el sistema de monitorización del Parque Solar, se deberá reiniciar a la mayor brevedad.
- **Reparación de elementos y protecciones eléctricas:** Reparar los elementos o protecciones eléctricas con fallas, bien por un desgaste o por un evento extraordinario.

Adicionalmente se enlista las principales más habituales a realizar:

- Conexión y mantenimiento de los pernos

- Lubricación
  - Comprobación de alineación
  - Comprobación de rendimiento eléctrico
  - Comprobación de las funciones de seguridad de los paneles
  - Reposición de las partes
  - Lubricación de partes movibles
  - Revisión de soldaduras
  - Sustitución de piezas
  - Pruebas de seguridad
  - Recorridos de inspección.
  - Lavado de módulos
  - Control mecánico de malezas
  - Reemplazo o reparación de equipos
  - Monitoreo de seguridad
  - Mantenimiento de la línea de alta tensión
  - Mantenimiento a la bahía
- Características **aproximadas** de la infraestructura, equipos, maquinaria e insumos a utilizar.
- Generador fotovoltaico: Los módulos fotovoltaicos son los encargados de transformar la energía solar en energía eléctrica, lo cual genera una corriente continua por el efecto fotoeléctrico que se que se transformará en corriente alterna mediante los inversores fotovoltaicos. *Se produce energía eléctrica en corriente continua cuando los rayos del sol son absorbidos por los módulos fotovoltaicos debido el efecto fotoeléctrico. Esta se transformará en corriente alterna mediante los inversores fotovoltaicos. La corriente alterna se elevará a 34.5 kV por medio de transformadores de media tensión, y se llevará esta corriente hasta la subestación elevadora del Proyecto, donde se elevará la corriente a 230 kV. La planta fotovoltaica tendrá una potencia máxima de 160 MWac.*
  - Inversores: El acondicionamiento de potencia se hará a través de inversores, los cuales transformarán la corriente continua producida por los módulos

fotovoltaicos en corriente alterna para interconectarse a la red eléctrica. Estos inversores trabajan eficientemente mediante un seccionador que permite que, en momentos en donde la potencia del campo solar conectado al mismo esté por debajo de la potencia nominal, la primera sección trabaje casi al máximo de su capacidad logrando una mejor eficiencia. Cuando la producción de la planta se acerca a números nominales, entonces todas las secciones trabajan de manera equitativa, este proceso prolonga la vida útil de los inversores. El sistema ofrece un control de la instalación a través de un sistema de monitoreo que recopila toda la información de los inversores, estación meteorológica y sensores, poniendo todos estos disponibles a través de un acceso remoto por internet.

- Transformadores de media tensión: elevan la corriente alterna generada por los inversores a 34.5 kV.
- Cableado de media tensión: Son utilizados cuando se requiere llevar grandes cantidades de energía eléctrica a niveles de media tensión.
- Subestación elevadora: esta tendrá todos los equipos eléctricos necesarios para la transformación segura del voltaje generado por el Proyecto, en este caso será de 230 KV.
- Línea eléctrica de 230 kV: transportara la electricidad desde la subestación elevadora hasta la bahía de interconexión.
- Bahía de interconexión: Es el punto de enlace y entrega de energía del Proyecto con el Sistema de Transmisión Nacional.



### 3.2.4.2.6 Infraestructura, equipos, maquinaria e insumos a utilizar

El Parque Solar está compuesto por una serie de equipos activos que participan en el proceso de generación eléctrica, o proporcionan información relevante para su adecuada operación y/o mantenimiento. A continuación, se describen los equipos e instalaciones de apoyo que requerirá el proyecto:

#### 3.2.4.2.6.1 Requerimiento de equipos

Los equipos básicos para llevar a cabo la operación del proyecto fotovoltaico corresponden a los módulos fotovoltaicos, inversores, transformadores y equipos que conforman los centros de seccionamiento o cajas colectoras y el centro de control.

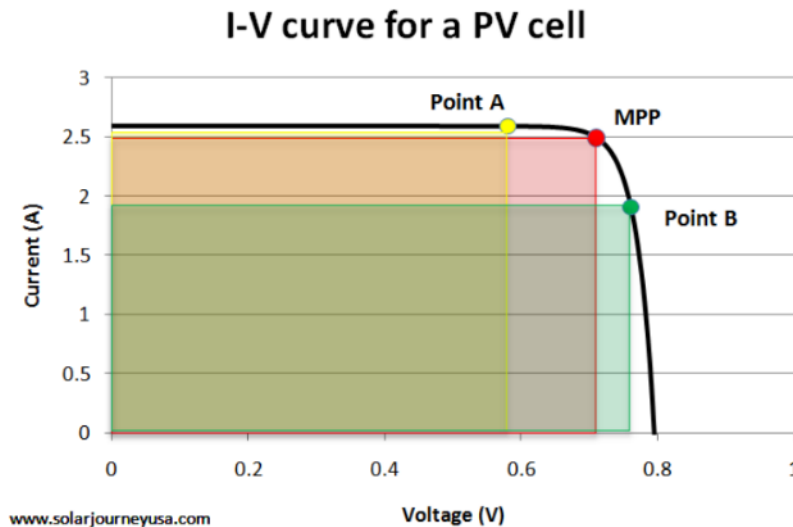
##### 3.2.4.2.6.1.1 Estaciones de Media Tensión

A continuación, son descritos los principales componentes que incluyen las estaciones de media tensión, las cuales se encargan de convertir la energía continua a energía alterna mediante los Inversores Centrales y posteriormente Transformar la energía de baja tensión a media tensión mediante los Transformadores de Media Tensión

#### ➤ Inversor

El inversor es el equipo de electrónica de potencia destinado a convertir la tensión continua (DC) generada por los paneles fotovoltaicos en una señal alterna (AC), que cumpla con los requisitos de calidad de potencia para garantizar la conexión a la red eléctrica convencional. El inversor gestiona la energía producida por el Parque Solar fotovoltaico para la interconexión con salida a la red de media tensión; para su funcionamiento analiza los parámetros eléctricos de la red a la que se va a conectar (voltaje, frecuencia) y se sincroniza con ella para convertir la energía de corriente continua en corriente alterna. Para esto realiza un proceso de iteración, en el que busca encontrar el punto de máxima potencia (MPP) en lo que se llama MPPT (Máximo Power Point Tracking).

A continuación, en la Figura 3.96 se ilustra la curva característica de corriente y voltaje de una celda solar. El MPPT busca el área máxima del sistema de generación en cada momento. Esta generación depende fuertemente de la irradiación y temperatura.



**Figura 3.96. Curva característica de corriente VS tensión.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

El inversor incorpora todos los equipos necesarios para adecuar la energía producida por los módulos fotovoltaicos e incluye el cableado interno. El Parque Solar contará con 52 Inversores Centrales Sungrow de 3437 kVA de potencia, cada uno conformado por varios bloques de electrónica de potencia independientes conectados en paralelo al mismo generador fotovoltaico y al mismo transformador de media tensión. En la Figura 3.41 se presentan las características principales.

La potencia nominal en bornes de inversor y por ende en el Parque Solar, está íntimamente ligada a la temperatura ambiente en cada momento. En este sentido, a efectos de dimensionamiento, se hace necesario estimar la temperatura de diseño del Parque Solar.

Acorde a las condiciones climáticas del proyecto. Se ha estimado que la temperatura de diseño del Parque Solar sea de 34°C. No obstante, se ha de tener en cuenta que en

condiciones óptimas de radiación y temperatura el inversor será capaz de suministrar su potencia nominal a 25°C por lo que el conjunto, cada Parque Solar podría de forma puntual llegar a una mayor potencia.

### ➤ **Transformador de Media Tensión**

El transformador es un equipo eléctrico que permite aumentar o reducir la tensión de un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. En este sentido el transformador se encarga de convertir la energía eléctrica AC de un cierto nivel de tensión a otro nivel de tensión que puede ser mayor o menor del nivel inicial dependiendo de la necesidad.

En cada estación de media tensión se instalará 1 transformador de media tensión que se encargarán de transformar la potencia generada en baja tensión en un nivel de tensión más acorde para la interconexión de toda la potencia del Parque Solar.

Los transformadores serán de tipo refrigerado en aceite con refrigeración natural para aplicaciones de interior y exterior. Estarán alojados en un cubículo específicamente diseñado para tal fin que permita la evacuación de aceite en caso de fuga acorde a las normas y estándares locales.

Los transformadores de MT serán trifásicos del tipo sumergidos en aceite, con devanados de cobre o aluminio, pantalla metálica de puesta a tierra entre los devanados de AT y BT, y refrigerados por circulación natural del aceite (ONAN). Además, deberán ser adecuados para operación en intemperie. Estos transformadores estarán dotados de cambiador de tomas operable sin carga y desenergizado (NLTC) ubicado en el devanado de alta tensión y en cualquier caso deberán ser aptos para entregar la potencia requerida con el cambiador de derivaciones en cualquier posición.

La Tabla 3.96 resume las características generales de transformadores de Media Tensión Tipos:

**Tabla 3.96. Características principales de los transformadores.**

Tipo de servicio		Continuo
Tipo de transformador		Trifásico de columnas en baño de aceite
Tipo de instalación		Intemperie
Estándar de referencia		IEC 60076
Refrigeración		ONAN
Número de fases		3
Frecuencia		60Hz
Potencia Nominal		5400.0 kVA
Tensiones en Vacío	Primario	34.5 kV +/-6x2.5%
	Secundario	0.645 kV
Conexión		Estrella triangulo
Grupo de conexión		Dyn11
Cambiador de tomas	Tipo	Manual Sin carga
	Margen de regulación	+/-5%
	Número de posiciones totales	± 2 x 2,5% (5 escalones)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

Para el proyecto se utilizarán 26 transformadores de resina elevadores de 400V/34,5kV, ubicados en cada una de las estaciones de media tensión, junto con dos (2) Inversores Centrales.

#### 3.2.4.2.6.1.2 Subestación Elevadora

En este tipo de subestaciones, los circuitos generalmente se dividen en dos partes: los circuitos de potencia y los circuitos de mando, media y protección.

Por los circuitos de potencia circunda la corriente principal de la subestación. Están constituidos por los equipos de patio tales como: interruptores, transformadores de corriente, transformadores capacitivos de potencial, seccionadores, pararrayos, transformadores de potencia y en algunas subestaciones trampas de onda portadora para los sistemas de telecomunicación y telemedida. Estos son los equipos de Alta Tensión. Los conductores que unen eléctricamente estos equipos forman los barrajes de campo y barrajes colectores de las subestaciones. Estos conductores deben soportar la corriente nominal y de cortocircuito de la subestación.

Los circuitos de mando, medida y protección están constituidos por los elementos destinados al control, medición y la protección del equipo de patio. Estos circuitos están alimentados por los sistemas auxiliares de las subestaciones, que son a baja tensión.

#### 3.2.4.2.6.1.3 *Centro de control y monitoreo*

A continuación, se describen los equipos que conforman el centro de control y monitoreo:

#### ➤ **Estación meteorológica**

Las estaciones meteorológicas serán las encargadas de medir las diferentes variables climáticas en el emplazamiento del Parque Solar.

Los equipos que componen la estación meteorológica son usados para proporcionar información vital para el control y el manejo eficiente de las 6 áreas del Parque Solar. Los equipos meteorológicos contribuyen a identificar las posibles causas que afectan el desempeño del Parque Solar e informan sobre las medidas que se deben tomar para incrementar la eficiencia (Figura 3.97).

Ibagué y Piedras (Tolima)

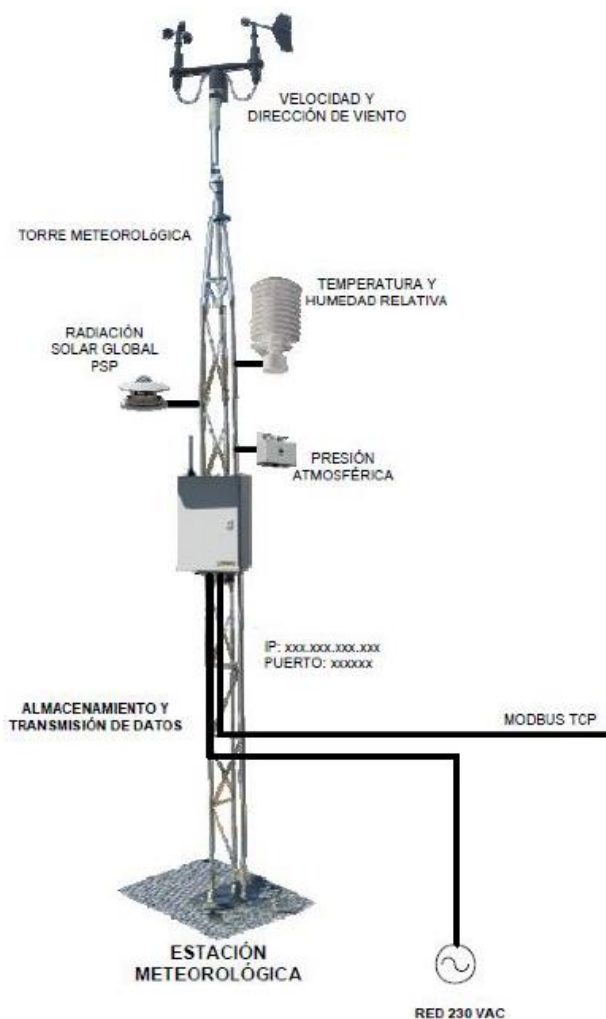


Figura 3.97. Estación meteorológica.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

Las variables que mide la estación meteorológica y los instrumentos empleados para ello se muestran a continuación:

- ❖ **Sensor de irradiación (también llamados piranómetros):** Estos dispositivos pueden medir la radiación solar incidente de manera directa, y también la difusa. Su lectura sirve para evaluar el desempeño del Parque Solar y es insumo para los modelos de predicción de producción de energía.

- ❖ **Sensor de temperatura para módulos fotovoltaicos:** permite realizar una medición de elevada precisión directamente en el lugar de instalación. Esta es una de las variables más importantes en la evaluación del rendimiento del proyecto.
  
- ❖ **Sensor de temperatura ambiente:** Se instala en el sitio del parque, de modo que esté libre de elementos que puedan perturbar la medición.
  
- ❖ **Sensor de viento:** Es un anemómetro que registra la velocidad horizontal del viento (en m/s). Permite identificar de manera más adecuada las posibles causas de fallas del sistema.
  
- ❖ **Medidores de energía:** Son los elementos utilizados para medir y visualizar la generación proveniente de los inversores.
  
- ❖ **Sistema de monitoreo remoto:** Este sistema permite acceder de forma rápida a todos los datos del parque fotovoltaico, para poder monitorizar la generación de energía desde cualquier computador con conexión a internet. El sistema permite monitorizar el desempeño del parque y compararlo con el desempeño teórico. Así mismo permite detectar y corregir fallas de funcionamiento, antes de que estas tengan un impacto considerable en la producción de energía.

Las estaciones meteorológicas tendrán las siguientes características:

**Tabla 3.97. Características principales de las estaciones meteorológicas.**

<b>Temperatura Ambiente</b>	Rango	30 / + 70 °C
	Precisión	0.1°C
<b>Temperatura de módulo (4 unidades)</b>	Rango	30 / + 70 °C
	Precisión	0.1°C
	Humedad relativa	Rango 0-100% Precisión +/- 3% Se permite el sensor combinado de temperatura y humedad relativa.
<b>Precipitaciones</b>	Copas de inclinación tecnológicas u otra tecnología de acumulación de última generación.	
	Área del colector	200cm <sup>2</sup>
	Precisión	5%
<b>Presión ambiente</b>	Rango	600-1100 mb
	Precisión	+/- 0.3 mb
<b>Viento</b>	Velocidad horizontal	Alcance 0-50 m / s Precisión 1 m / s
	Dirección	Rango 0°-360°. Precisión 2°
<b>Radiación global (piranómetro) dos unidades para medida en plano inclinado y otra para medida en plano horizontal</b>	ISO 9060 Clasificación:	Secondary Standard (Alta Calidad de la OMM)
	Rango	0-2000W / m <sup>2</sup>
	Respuesta espectral	305 ~ 2800nm
	Tiempo de respuesta	aprox. 5 seg. (95% de respuesta)
	Campo de visión	2π steradian
	Sensibilidad	aprox. 7-14 μV / W • m <sup>2</sup>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

Cada estación incluirá un panel FV y una batería como fuente de alimentación. Estará además conectada a la red de servicios auxiliares.

### ➤ Sistema SCADA

Adicionalmente se instalará un sistema de control tipo SCADA (del inglés, supervisory control and data acquisition) que gestione todo el tráfico de información (alarmas,



eventos, etc.) entre los diferentes componentes del sistema: módulos fotovoltaicos, inversores, estaciones de monitoreo, entre otros. Adicionalmente, el sistema tiene una serie de servidores web programados para poder acceder a través de internet a todos los parámetros del Parque Solar (Figura 3.98).

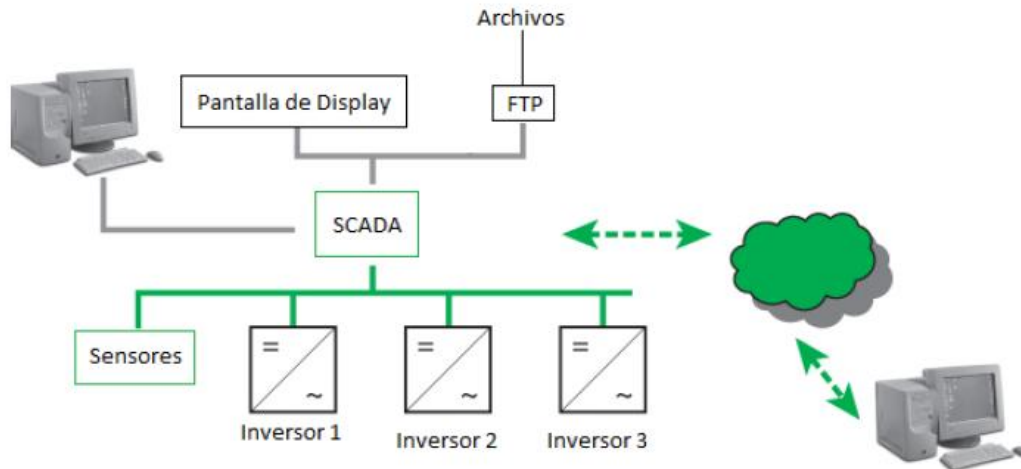


Figura 3.98. Sistema SCADA.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

### ➤ Sistema de circuito cerrado de televisión

Es de gran importancia proporcionar seguridad al Parque Solar, por ello se debe implementar un sistema de seguridad compuesto por cámaras y sensores de movimiento que detecten los posibles intrusos o daños a lo largo del perímetro del proyecto. Toda esta información es monitoreada desde un centro de recepción de alarmas en tiempo real durante las 24 horas del día. Se implementarán cámaras y equipos que permitan altas capacidades de acercamiento y que sean operadas de manera remota (Figura 3.99). El sistema de seguridad tendrá al menos los siguientes componentes:

- Video vigilancia.
- Analítica del video y sistema de gestión de video inteligente.
- Inspección y mantenimiento.

- Alimentación continua.
- Detección de humos.



**Figura 3.99. Cámaras de vigilancia.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

Los dispositivos de detección y cámaras deben estar conectados correctamente mediante fibra o cables de comunicación. El sistema de transmisión/Comunicación debe permitir largas grabaciones y captación de datos de cámaras de video y sensores. Las cámaras deben estar comunicadas mediante anillos de comunicación para permitir redundancia.

El sistema de seguridad al completo estará conectado directamente a la red LAN/WLAN TCP/IP a través del Puerto Ethernet del grabador de video. El sistema debe incluir todos los dispositivos necesarios como interruptores, etc.

La arquitectura del sistema de seguridad incluye los siguientes puntos:

- CCTV: instalada a lo largo de la valla perimetral y basado en cámaras térmicas IP colocadas en postes.
- Protección de la caseta del inversor y del transformador mediante cámaras IP.
- Alarma acústica y sistema PA basado en altavoces exponenciales.
- Cable de la unidad de detección: cable de alimentación y de señal.
- Sistema de almacenamiento y grabación.
- Análisis de grabación y software de gestión.
- Equipamiento para la monitorización del centro de control.
- Puerta automática.

Todos los elementos relevantes y equipos del sistema de seguridad cumplirán con los requerimientos de seguridad o medioambientales.

Se instalará un centro de control de alarma que estará en contacto directo con el personal del Parque Solar e incluirá un sistema de asistencia con llamada "SOS" que conectará con la central de emergencias más cercana. Este centro tendrá seguridad durante las 24 horas.

En la Tabla 3.98 se presenta un resumen de los equipos a utilizar durante la operación del parque fotovoltaico.

**Tabla 3.98. Equipos tipo a utilizar en la operación del Parque Solar.**

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Panel o módulo fotovoltaico</b>	387.688
<b>Inversores</b>	2 inversores por Estación de Media Tensión. En total 52 inversores centrales
<b>Transformadores de Media Tensión</b>	1 transformador por Estación de Media Tensión. En total 26 transformadores de resina elevadores de 400V/34,5kV
<b>Estación Meteorológica</b>	1 estación meteorológicas por Centro de Seccionamiento o Cajas Colectoras
<b>Sistema SCADA</b>	Se instalará un sistema SCADA que gestione todo el tráfico de información del Parque Solar.
<b>Sistema de circuito cerrado de televisión</b>	1 circuito cerrado de televisión compuesto por cámaras de seguridad y sensores de movimiento
<b>Equipo de Control de Incendios o de Contingencias</b>	1 equipo de Control de Incendios o de Contingencias por Centro de Seccionamiento o Cajas Colectoras

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

#### *3.2.4.2.6.1.4 Instalaciones de apoyo para la operación del Parque Solar*

Las principales instalaciones de apoyo requeridas durante la operación del Proyecto incluyen las zonas de oficinas, centros de conversión y control, áreas de almacenamiento, estacionamientos, estructuras para el manejo de residuos sólidos y caseta de vigilancia,

principalmente. Las características constructivas de todas estas instalaciones serán descritas en el numeral 3.2.4.3.

#### ➤ **Zona de acopio de residuos**

Para el acopio de los residuos sólidos generados en la fase de operación del proyecto, se habilitará una zona específica que se ubicarán cerca al centro de control, donde los residuos se dispondrán temporalmente en contenedores para luego ser retirados por empresas licenciadas y debidamente autorizadas para su manejo y disposición final.

Esta zona se distribuye en un sector para almacenamiento de residuos no peligrosos, segregando estos residuos según su tipología, una zona para los residuos asimilables a domiciliarios y colindante se encontrará una zona de acopio de residuos peligrosos. La zona de residuos peligrosos contará con contenedores tipo estanco, con acceso restringido, acopiando este tipo de residuos por no más de 6 meses. Esto permitirá mantener transitoriamente los residuos peligrosos para su posterior disposición final en un lugar autorizado.

#### ➤ **Zona de almacenamiento de agua**

El agua para uso doméstico se almacenará en 2 tanques con capacidad para 2 m<sup>3</sup> de agua, los cuales se localizarán cerca a las oficinas.

El agua para uso industrial requerida durante la operación del Parque Solar corresponde al agua utilizada para la limpieza de los paneles solares, por tanto, se implementará carro tanques para su distribución, con terceros autorizados.

#### ➤ **Centro de seccionamiento o Cajas Colectoras de Media Tensión**

Se instalará en el Parque Solar cuatro (4) Cajas Colectoras o Centro de seccionamiento, el cual tendrá una superficie aproximada de 400 m<sup>2</sup>. El centro de seccionamiento podrá ser una cabina prefabricada, especialmente diseñada para este tipo de instalaciones,

contará con suelo técnico, acometidas para cables subterráneos y albergará los siguientes equipos:

- De dos (2) a tres (3) Celdas de línea (en función del unifilar específico de cada Parque Solar); accionamiento manual para la entrada de los circuitos de media tensión de cada uno de los parques solares.
- Una (1) Celda de línea accionamiento manual para el circuito de salida del parque.
- Una (1) celda de protección general (acometida).
- Una (1) celda de medida.
- Un (1) armario con equipos de medida fiscal.

Los centros de seccionamiento tendrán la acometida en 34.5kV, así como las siguientes funciones:

- De él partirá la alimentación en Media Tensión para la planta que servirá para la evacuación de la energía generada.
- Se realizará la medida de la energía producida en la planta.
- Se realizará la protección general de la planta.
- Se pasará de los circuitos colectores internos de media tensión de la planta a una línea de salida única que hará un paso aéreo-subterráneo en las inmediaciones del CCSS.

En la Figura 3.100 y Figura 3.101, se observa el diseño tipo de los centros de seccionamiento al detalle y que se instalarán en el Parque Solar.

Ibagué y Piedras (Tolima)

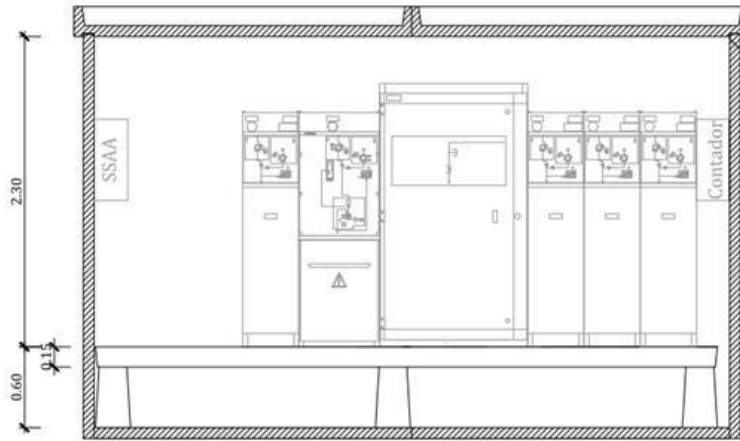


Figura 3.100. Centro de seccionamiento (sección longitudinal).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

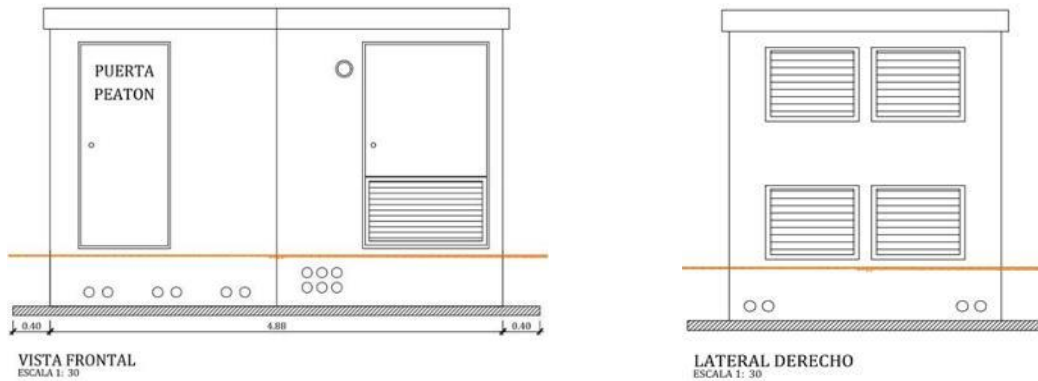


Figura 3.101. Centro de seccionamiento (vista frontal y lateral derecho).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

Placa de soporte para los Centros de Seccionamiento: teniendo en cuenta que para cada centro de seccionamiento se considera una cabina de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>, las losas serían de aproximadamente 20 m X 20 m.

### ➤ Bodega de Operación y Mantenimiento

Se instalará una Bodega de Operación y Mantenimiento, donde estará el centro de control para el monitoreo y seguimiento de la operación del Parque Solar, el cual tendrá una superficie aproximada de 0,12ha, podría ser una bodega construida o de tipo

modular basado en contenedores metálicos y estará dividido en los siguientes espacios (ver Figura 3.102 y Figura 3.103):

- Almacén.
- Taller
- Cocina.
- Baño.
- Despacho.
- Sala Común.
- Sala Control.
- Sala de equipos.

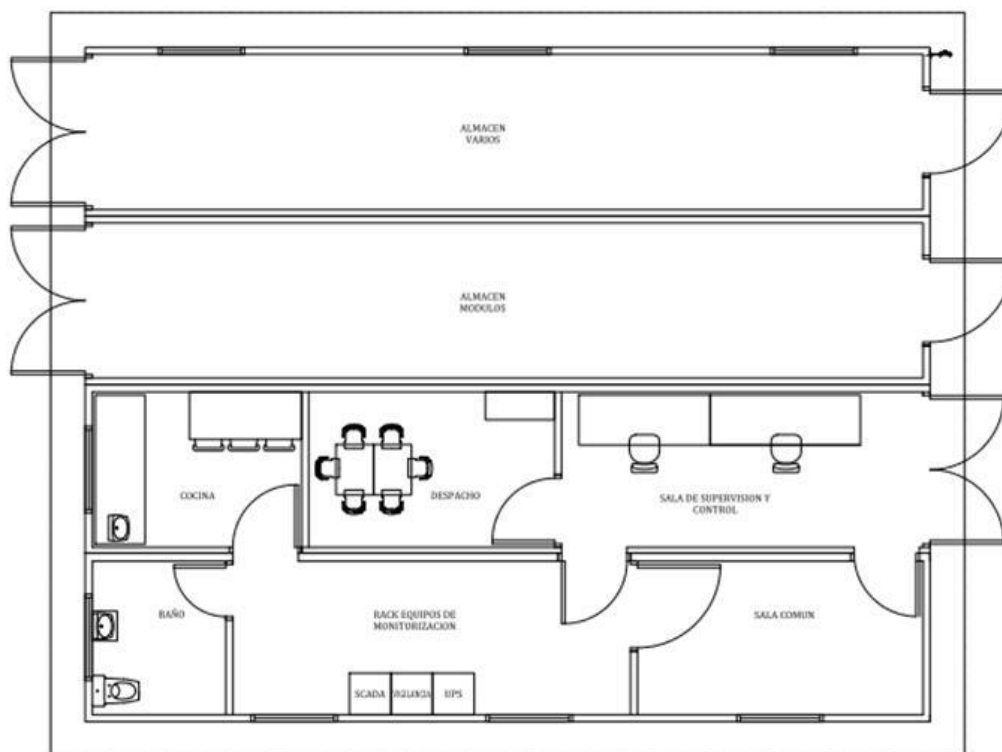
Las señales de control provenientes de los inversores y de las cajas colectoras se recogen igualmente en el centro de control, donde se podrá observar por medio de pantallas los diferentes estados de generación de cada parque y del Parque Solar en general, de manera que se pueda actuar subiendo o bajando su generación según lo indicado por el Centro Nacional de Despacho.

Dentro de las señales más importantes que deben llegar al centro de control está la señal de las estaciones meteorológicas, que miden la irradiación solar necesaria para realizar la programación del despacho de generación del parque solar.

La distribución tipo de una Bodega de Operación y Mantenimiento se muestran a continuación:

Ibagué y Piedras (Tolima)

Vista Planta



Vista frontal y posterior

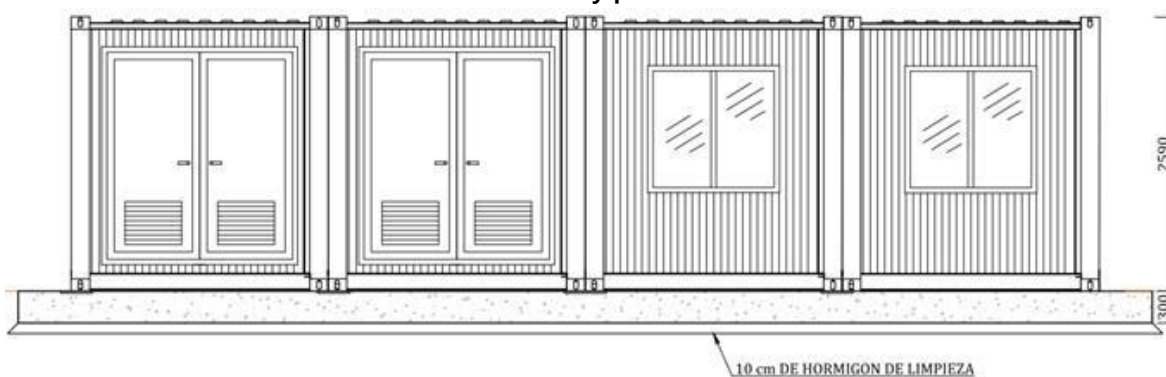


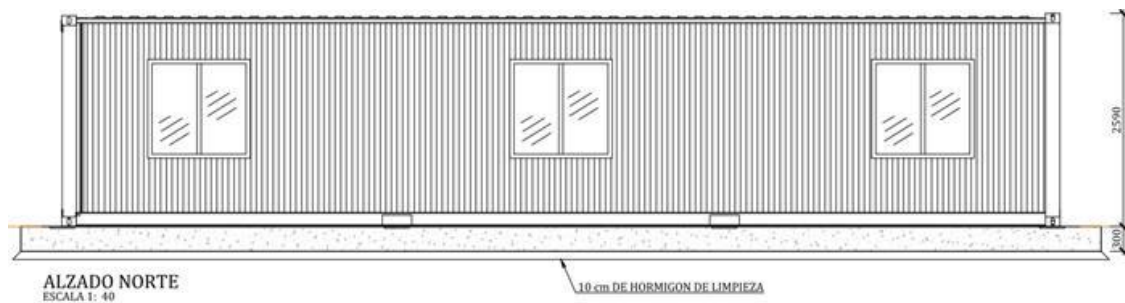
Figura 3.102. Centro de control.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)



El edificio alojará las siguientes instalaciones.

- Aseos.
- Instalación eléctrica de fuerza y alumbrado.
- Servidor SCADA y estaciones de operación e ingeniería.
- Servidor de Sistema de seguridad y estación de operador.
- Sistema de alimentación ininterrumpida para alimentación de servicios esenciales.



**Figura 3.103. Bodega de Operación y Mantenimiento (vista de perfil).**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

### ➤ Estaciones de Media Tensión

Los diferentes elementos del Parque Solar se agruparán en bloques que permitan la interconexión de estos en baja tensión y posteriormente en media tensión (Figura 3.104).

Para instalar los inversores y protegerlos de la intemperie, se dispone de centros totalmente equipados, con compartimientos separados y sistemas de enfriamiento para el óptimo funcionamiento, donde se podrían encontrar los inversores, cuadro de servicios auxiliares, protecciones, celdas de media tensión y transformador de baja tensión a media tensión.

El contenedor, que es una estructura fabricada específicamente para esta aplicación, tiene longitud estándar aproximada de 10 metros, y agrupa dos inversores y el transformador BT/MT herméticamente sellados, de resina o de aceite. Las principales características son:

Ibagué y Piedras (Tolima)

- Conexión enchufar y usar (Plug & Play).
- Rango de temperatura de funcionamiento desde -20°C hasta 60°.
- Humedad relativa: 0 - 95%.
- Tensión de salida hasta 36kV.
- Transformador interno tipo seco de resina.
- Fabricación en Acero.
- Aislamiento tipo sándwich.



**Figura 3.104. Estaciones de Media Tensión (tipo contenedor).**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

Las Estaciones de Media Tensión también pueden ser en celdas a la intemperie, tal como se observa en la Figura 3.105.



**Figura 3.105. Estaciones de Media Tensión de dos inversores (tipo celdas a la intemperie).**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021.)

En la Tabla 3.99 se presenta la distribución de las estaciones de media tensión por cada área del Parque Solar.

**Tabla 3.99. Cantidad de Estaciones con Transformadores de Media Tensión por Áreas del Parque y su potencia de AC**

ÁREA	TIPO	ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN
MIRAGATOS	E-W GFT	3
REPOSO 1 – WEST	TRACKER (SEGUIDORES)	6
REPOSO 1 – EAST	TRACKER (SEGUIDORES)	3
REPOSO 2	TRACKER (SEGUIDORES)	3
GASCONIA AREA 1	E-W GFT	7
GARCONIA AREA 2	E-W GFT	4
<b>TOTAL</b>	-	<b>26</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, el proyecto contempla la instalación de 26 Estaciones de Media Tensión con 52 inversores centrales y 26 transformadores de media tensión.

Los principales equipos de cada centro de transformación son:

- 2 inversores Centrales.
- 1 transformador BT/MT de 400V AC/34,5 kV AC.
- 1 celda Entrada/Salida.

- 1 celda Protección Transformador.

Las Estaciones de Media Tensión ya sean tipo contenedor o celdas a la intemperie, deberán estar soportados por una placa tal como se describe a continuación:

- Placa de soporte para Estaciones de Media Tensión: La placa tendrá unas dimensiones aproximadas correspondientes a:
  - Cimentación Placa 2 inversores: 2,5 m de ancho; 10 m de largo y 0,3 m de espesor (7,5 m<sup>3</sup> aprox.)

### ➤ **Celdas de media tensión**

Las Estaciones de Media Tensión contará con celdas de media tensión para la maniobra y operación de los diferentes circuitos de generación.

Las cabinas y todos sus componentes serán de diseño normalizado del fabricante y sus características constructivas eléctricas, mecánicas, ambientales y de seguridad estarán certificadas por laboratorios oficiales. Las cabinas y todos sus componentes cumplirán con los requisitos establecidos por las normas y reglamentos aplicables para las condiciones de servicio especificadas.

Las cabinas serán de diseño normalizado y lo más compactas posible, con objeto de minimizar el espacio requerido, serán accesibles solo por el frente, apto para ser instalado adosado a pared.

Las cabinas, en lo que respecta a estructura, estarán fabricadas con chapa de acero laminado, adecuadamente doblada, reforzada y punzonada a fin de construir una estructura autoportante compacta y con la rigidez mecánica suficiente para resistir las sollicitaciones eléctricas, mecánicas y térmicas a las que puedan verse sometida en servicio. Las cabinas serán accesibles, desde el frente, mediante puertas abatibles con bisagras y estarán preparadas para su montaje directo sobre el suelo.

Las Celdas de Media Tensión serán de uso interior, trifásicas, de tecnología compacta con aislamiento en vacío, constituidas por un conjunto determinado de celdas en función de la posición que ocupen en la red de MT del Parque Solar. El grado de protección ambiental de las celdas será adaptado para ambientes tropicales tanto desde el punto de vista de contra agentes externos (IP4X o superior) como desde el punto de vista de protección contra la corrosión de sus materiales.

Las celdas de Media Tensión tendrán la siguiente configuración o topología:

- Dos celdas de línea con interruptor de corte en carga.
- Dos celdas protección interruptor automático para la protección del transformador.

Las características principales de las celdas de media tensión son las siguientes (Tabla 3.100):

**Tabla 3.100. Características principales de las celdas de Media Tensión.**

<b>Tipo de Celda</b>	Blindada SF6	
<b>Servicio</b>	Continuo interior	
<b>Tensión de aislamiento asignada</b>	38kV	
<b>Tensión Nominal</b>	34.5kV	
<b>Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz</b>	80kV	
<b>Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2 50 µs</b>	180kV	
<b>Frecuencia Industrial</b>	60Hz	
<b>Intensidad asignada de servicio continuo</b>	<b>Derivación celda de línea</b>	400A
	<b>Barras</b>	400A
<b>Intensidad de cortocircuito asignada</b>	20 kA(1s)	

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Las características constructivas de cada celda son análogas, variando únicamente la aparamenta instalada en cada una de ellas de acuerdo con las necesidades para cada tipo de servicio. La aparamenta con la que va dotada cada tipo de celda es la siguiente (Tabla 3.101):

**Tabla 3.101. Aparamenta de las celdas.**

Tipo de Celda	Aparamenta Eléctrica
Celda de línea	Un interruptor manual
	Tres fusibles de protección
	Un seccionador de aislamiento barras de tres posiciones, abierto, cerrado y puesta a tierra.
Celda de transformador de potencia	Un interruptor manual
	Tres fusibles de protección
	Un seccionador de aislamiento barras de tres posiciones, abierto, cerrado y puesta a tierra.
	Tres terminales unipolares para conexión de cables

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

➤ **Servicios auxiliares**

Se compone del transformador que baja la tensión de 34.5 kV a 110 Vac-220 Vac y de los circuitos de alimentación en 110 Vac-220 Vac, los que se utilizan para suministrar la tensión necesaria para el trabajo continuo de los inversores, medidores de energía, iluminación y el circuito cerrado de televisión. Estos circuitos son necesarios para la correcta entrega de la energía del Parque Solar al Sistema Interconectado Nacional.

➤ **Estacionamientos**

En el Parque Solar se requiere destinar un área de parqueo de carrotaques, camiones y vehículos livianos, así como destinar zonas para maniobra de manera que las actividades de limpieza y mantenimiento de paneles y llegado el caso, la movilización de maquinaria pesada, se pueda realizar de forma segura. Aledaño al sector de oficinas se contempla instalar la zona de estacionamientos compuesta por 20 parqueaderos para vehículos livianos y 3 para camiones.

A continuación, en la Tabla 3.102 se presenta la distribución de las superficies para las instalaciones de apoyo en la etapa operativa.

**Tabla 3.102. Instalaciones de apoyo permanente en la etapa operativa.**

INSTALACIONES DE APOYO	SUPERFICIE	CANTIDAD	SUPERFICIE TOTAL*
Caseta de vigilancia	4 m <sup>2</sup>	1	4 m <sup>2</sup>
Estaciones de Media Tensión	7,5 m <sup>2</sup>	26	195 m <sup>2</sup>
Cajas Colectoras y Centros de Seccionamiento	400 m <sup>2</sup>	4	1600 m <sup>2</sup>
Subestación Elevadora (230kV)	900 m <sup>2</sup>	1	900 m <sup>2</sup>
Bodega de Operación y Mantenimiento	1200 m <sup>2</sup>	1	1200 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIES TOTALES DE EDIFICACIONES PERMANENTES</b>			<b>3899 m<sup>2</sup></b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

Además de los equipos principales de proceso, asociados a la actividad de generación y transformación de energía al interior del parque fotovoltaico, se requiere contar con una serie de instalaciones complementarias y de apoyo que permitan realizar las operaciones de manera óptima y cumpliendo los requerimientos normativos ambientales, operacionales y de seguridad industrial.

#### 3.2.4.2.7 Identificación de las rutas de movilización de los equipos

Los equipos requeridos para la etapa operativa del proyecto provendrán de diferentes localidades. Los equipos principales (paneles, inversores, transformadores, estructuras, cajas de conexión, sistema de control, celdas de conexión, postes, estructuras de torres y torrecillas, equipos de la bahía de conexión, etc) serán importados y por lo tanto ingresarán al país por alguno de los puertos que se encuentren disponibles y sean los más apropiados para la recepción de estos, teniendo en cuenta el lugar de origen; desde los cuales se utilizarían vías nacionales y regionales para el transporte terrestre hasta el lugar de la planta.

Además, se hará uso de los corredores de acceso existentes presentados en el numeral 3.2.4.1.1.1 para llegar a cada área del parque, las cuales corresponden a las siguientes:

- Acceso existente Buenos Aires – Doima (numeral 3.2.4.1.1.1).
- Acceso existente Sector Rural Picalaña (numeral 3.2.4.1.1.2).

Para hacer ingreso a las vías de tercer orden arriba mencionadas se utiliza la vía 40 TLG Y vía 40 Bogotá – Ibagué – Cali, así como para la inspección de la Línea de Transmisión en la zona urbano.

#### 3.2.4.2.8 Frecuencia de movilización

La frecuencia de movilización en las vías durante la etapa de operación del proyecto se deberá a la atención del mantenimiento de la planta fotovoltaica, Línea de Transmisión y bahía de conexión. Para la cual se tiene proyectado un mantenimiento de 3 a 4 veces al año. De igual forma, se presentará movilización por las vías en caso de fallo de algunos equipos los cuales se estima en una probabilidad muy baja. Se estima una frecuencia de movilización de 1/3.

#### 3.2.4.2.9 Rutas más transitadas durante la operación del proyecto

Las rutas más transitadas durante la operación del proyecto, corresponde a los corredores de acceso existente mencionados en el numeral 3.2.4.1.1.1 del presente capítulo, las cuales corresponden a las siguientes principalmente:

- Acceso existente Buenos Aires – Doima (numeral 3.2.4.1.1.1.1).
- Acceso existente Sector Rural Picaleña (numeral 3.2.4.1.1.1.2).

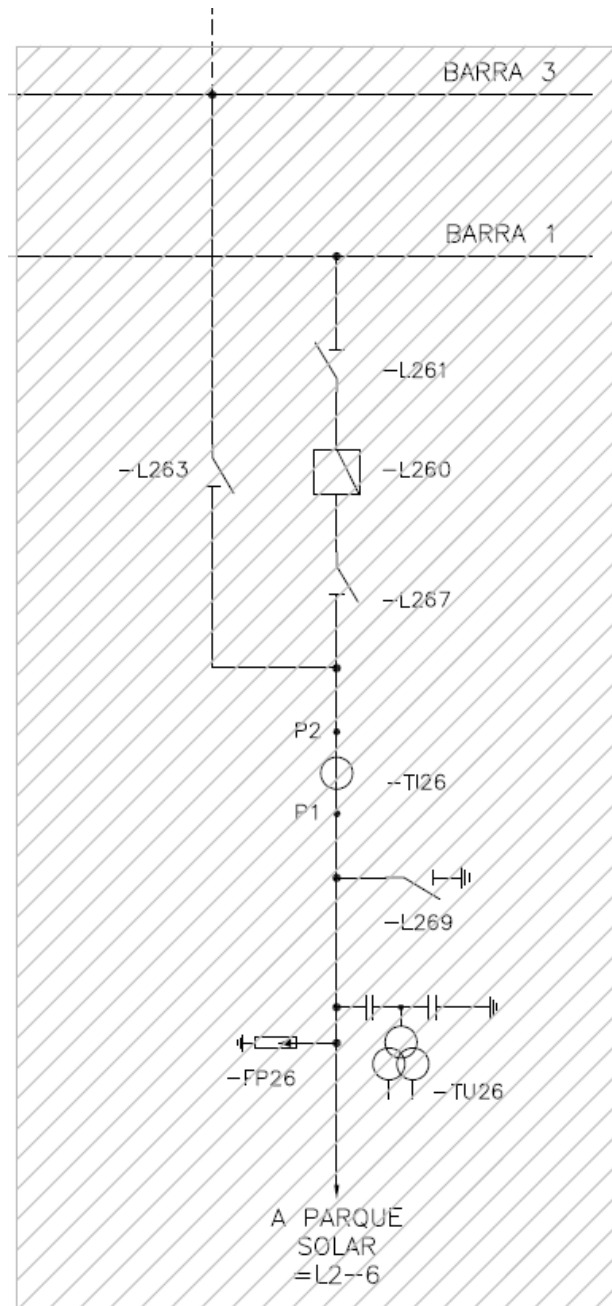
#### 3.2.4.2.10 Esquema de operación de la Línea de Transmisión 230 kV.

En el Anexo C.10, se presenta los diagramas unifilares que presenta el esquema de operación de las subestaciones eléctricas, tanto para la Subestación Elevadora interna del Parque 230 kV, cada una de las áreas del Parque Solar, como de la Bahía de Conexión 230 kV en la Subestación Mirolindo, y el perteneciente a esta última se presenta seguidamente en la Figura 3.106.

Un diagrama unifilar es aquel que muestra las conexiones, partes de un circuito eléctrico o de un sistema de circuitos representados en símbolos. Existen distintos arreglos de barras y la selección de un arreglo particular depende de lo siguientes factores: la tensión



del sistema, las características del sistema en el cual se va a integrar el Parque Solar y la bahía de conexión 230kV, la flexibilidad, la confiabilidad de operación y el tipo de carga a alimentar.



**Figura 3.106. Esquema de Operación- Diagrama Unifilar Bahía de Conexión 230kV en Subestación Mirolindo**

Fuente: 3447-01-22-EL-DW-001-V0 Diagrama unifilar general HMV Ingenieros Ltda. (2021).

### 3.2.4.2.11 Potencia de transporte y nivel o niveles de tensión a instalar.

De acuerdo con las características del Sistema de Transmisión Nacional, y según el concepto favorable de la UPME recibido para la conexión a la subestación Mirolindo a 230kV, mediante Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020 y siguiendo las cláusulas del contrato de conexión vigente N° 4010165 de febrero de 2021, se determinaron los parámetros de transmisión del sistema descritos en la Tabla 3-103 así como la capacidad de transporte mínima para los conductores seleccionados (Ver Tabla 3-104).

**Tabla 3-103 Características del sistema**

Parámetro	Valor
<b>Tensión nominal del sistema</b>	230 kV
<b>Tensión máxima de operación</b>	245 kV

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

**Tabla 3-104 Capacidad de transporte conductores pre-seleccionados**

Conductor	Altura máxima (msnm)	Temperatura máxima promedio (°C)	Capacidad de corriente por conductor (A)
<b>Aéreo: ACAR 800 kcmil 18/19</b>	10212	31,97	782,19
<b>Subterráneo: Cable aislado en XLPE a 230 kV con Temperatura de operación 90°C</b>			

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P., 2021.

### 3.2.4.2.12 Procesos Básicos para la Operación de la Subestación

- **Para las Consignas:** Las consignas operativas para los mantenimientos programados deberán ser reportados a la División de Operación y Mantenimiento a más tardar el miércoles a las 24:00 horas, para labores que se están programando ejecutar la semana siguiente a partir del día lunes a las 00:00 horas, hasta el Domingo a las 24:00 horas, indicando en forma explícita los requerimientos de las desconexiones necesarias y diligenciando el formato de solicitud. La División de Operación y Mantenimiento confirmará con anticipación los ajustes para la aprobación y

posteriormente se socializará la programación a ejecutarse de los mantenimientos aprobados.

El personal de operación NO CONSIGNARÁ líneas, equipos, instalaciones o partes de ella, respecto a los cuales no se tenga información de mantenimiento programado. Salvo en caso de emergencia que establezca situaciones de peligro.

Toda maniobra que involucre el STN deberá ser autorizada con anterioridad mediante una consigna operativa e iniciada por el Ingeniero de Turno del CND, "*Salvo en casos como incendios, terremotos, explosiones u otros eventos que pongan en peligro vidas humanas y/o la integridad de los equipos de la Bahía de Conexió 2330 kV*". En estos casos el Operador procederá a efectuar las maniobras necesarias y comunicará de inmediato a los ingenieros responsables del sistema (Ingeniero de Turno y División de Operación y Mantenimiento) en ese momento y luego al Ingeniero de Turno del CND.

El Operador deberá acatar las consignas operativas y está obligado a comunicarlas a su relevo en el cambio de turno, así como dejarlas registradas en el libro (bitácora) de la Subestación.

El operador deberá solicitar las aclaraciones que considere necesarias, respecto a la apertura o cierre de circuitos o líneas al Ingeniero de Turno, con el fin de evitar maniobras equivocadas por errores de interpretación.

La División de Operación y Mantenimiento de acuerdo con los reportes diarios de la Subestación tendrá en cuenta las novedades registradas en los equipos de patio y sala de control, dando prioridad a lo urgente y determinará las acciones correctivas del caso.

Las radiofrecuencias dedicadas para comunicación en la operación del sistema deberán ser utilizadas exclusivamente para tal fin por el personal autorizado. La

utilización de este medio para transmitir mensajes personales es restringida, salvo situaciones de Fuerza Mayor o Contingencia que lo ameriten.

➤ **Para las Comunicaciones:** El Artículo 12 del RETIE - Comunicaciones para Maniobras y Coordinaciones de Trabajos Eléctricos, establece que: Cada maniobra o maniobra que se realice en una línea o equipo energizado, o susceptible de ser energizado, deberá ser coordinada con la persona o personas que tengan control sobre su energización o desenergización. Cada trabajador que reciba un mensaje oral concerniente a maniobras de conexión o desconexión de líneas o equipos, deberá repetirlo de inmediato al remitente y obtener la aprobación del mismo. Cada trabajador autorizado que envíe tal mensaje oral deberá repetirlo al destinatario y asegurarse de la identidad de este último.

➤ **Consignas Básicas:**

- Las órdenes para ejecución de maniobras deben ser recibidas en forma individual, es decir, una orden por cada equipo a operar. Ejemplo: No aceptar órdenes como "abrir el seccionador de línea y cerrar la cuchilla de tierra".
- Toda maniobra debe ser ordenada por radio o por el sistema punto a punto, sin excepción alguna. En el caso de las maniobras ordenadas por el sistema punto a punto, el Operador deberá reconfirmarla con el respectivo Centro de Control previamente a su ejecución.
- Al recibir la orden de ejecución de una maniobra, el Operador debe repetir la orden recibida para su reconfirmación por el respectivo ordenador.
- El Operador de la Subestación y bahía una vez evaluada la orden, se limitará exclusivamente a lo ordenado por el respectivo Centro de Control, sin ejecutar maniobras adicionales.
- El Operador de la Subestación, una vez ejecutadas las maniobras, debe suministrar la siguiente información, así:
  - En servicio el circuito \_\_\_\_\_ hora \_\_\_\_\_ carga \_\_\_\_\_
  - Fuera de servicio el circuito \_\_\_\_\_ hora \_\_\_\_\_ carga \_\_\_\_\_

- Después de cada evento, el Operador debe tomar toda la información referente y pasarla al Centro de Control en forma clara y concisa.
- Una vez realizada una maniobra o transcurrido un evento, después de normalizada la situación, el Operador de la Subestación deberá pasar toda la información al Centro de Control.
- El Operador de la Subestación y bahía tiene autonomía para exigir al personal que realiza trabajos dentro de la subestación el uso de los elementos y la observación de las normas de seguridad e informar de toda anomalía al ingeniero disponible.
- El Operador de la Subestación debe registrar en el libro diario (bitácora) y reportar al respectivo Centro de Control, y al ingeniero respectivo todo evento relacionado con:
  - Falla temporal y/o definitiva de equipos de potencia.
  - Puesta en servicio de equipos reparados y/o nuevos.
  - Entrada de personal autorizado y objeto de la visita.
  - Problemas locativos (alumbrado, acueducto, aseo, seguridad, etc.)
- El Operador de la Subestación está en la obligación de utilizar diariamente la dotación personal y los elementos de seguridad industrial requeridos para la realización de las maniobras.
- Los días lunes el Operador de la Subestación y bahía debe informar los datos de cargas máximas de circuitos y transformadores, incluyendo: Hora, MW, MVAR, y cada día de la semana en que se presentó.
- Después de cada trabajo de mantenimiento en los equipos de la Subestación y bahía, el Operador debe revisar el equipo intervenido antes de recibirlo y ponerlo en funcionamiento, avisando cualquier anomalía que encuentre.
- El Operador de la Subestación y bahía debe llevar un control y registro estricto de llamadas de larga distancia, indicando el objeto de la llamada. El valor de las llamadas particulares será descontado por nómina.
- Todo accidente que suceda en las instalaciones de la Subestación y bahía debe reportarlo el Operador con carácter urgente al ingeniero disponible.

- En ningún sitio de la Sala de Control se debe permitir almacenar elementos extraños a los equipos, por ejemplo, bicicletas, motos, papel, madera, ropa u otros utensilios. Solamente se permite el locker con elementos personales.
- El Operador debe velar porque en la Subestación y bahía no permanezcan animales domésticos ni permitir cultivos dentro de ella.
- El Operador de la Subestación y bahía debe registrar con precisión las lecturas de los contadores de energía cada hora o con la frecuencia establecida durante las 24 horas del día. De su exactitud y precisión depende la facturación de energía.
- Toda modificación que se realice en equipos de potencia, control o protecciones y en general en las instalaciones, debe ser realizada por personal autorizado, consignada en la bitácora y reportada al ingeniero disponible.
- Todo ingreso o salida de equipos o elementos de la Subestación y bahía, debe ser registrado en la bitácora y el Operador exigirá copia de la autorización correspondiente.
- La operación de los interruptores de potencia se debe efectuar siempre de manera remota desde la Sala de Control de la Subestación y bahía ante la ocurrencia de un evento que afecte la continuidad del servicio, el Operador deberá efectuar un diagnóstico del estado de los equipos y orientar el Centro de Control para lograr un rápido restablecimiento de las condiciones normales.
- En ninguna circunstancia el Operador de la Subestación y bahía podrá suministrar información sobre la operación a personas que no estén debidamente autorizadas.

#### 3.2.4.2.13 Características de la infraestructura, equipos, vehículos, maquinaria e insumos a utilizar

Para la operación y mantenimiento de la Línea de Transmisión, se prevé la utilización de los siguientes equipamientos y herramientas principales, presentados en la Tabla 3-105.

**Tabla 3-105. Equipos y herramientas por utilizar en la etapa de operación y mantenimiento – Línea de Transmisión**

Tipo de equipamiento/Herramienta	Unidad	Cantidad
<b>Actividades de Reparación de Obras Civiles</b>		
Camionetas	Und	1
Concretadora	Und	1
Grupos Electrónicos	Und	1
Carretilla	Und	1
Palas y picas	Und	2
Caja de herramientas manuales	Und	1
<b>Actividades de Reparación en Estructuras Metálicas y Cables</b>		
Plumas	Und	1
Malacate	Und	1
Freno	Und	1
Poleas	Und	5
Guaya	Km	0.6
Arnés de cuerpo entero con accesorios	Und	3
Caja de herramientas manuales	Und	1

Para la operación y mantenimiento de las bahías de conexión 230kV en la Subestación Mirolindo, se prevé la utilización de los siguientes equipamientos y herramientas principales, como se muestra en la **Tabla 3-106.** .

**Tabla 3-106. Equipos y herramientas a utilizar en la etapa de operación y mantenimiento – Subestaciones**

Tipo de equipamiento/Herramienta	Unidad	Cantidad
Mini cargador	Und	1
Retroexcavadora	Und	1
Concretadora	Und	1
Volquetes	Und	1
Camión Grúa	Und	1
Bomba de Circulación de Aceite	Und	1
Plumas	Und	1

#### 3.2.4.2.14 Control de estabilidad y Mantenimiento Electromecánico Preventivo y Correctivo

- **Control de estabilidad:** Hace referencia a la ejecución de obras (Mantenimiento, reparación y/o construcción) relacionadas con la identificación de procesos erosivos o de remoción en masa, o de cualquier tipo de anomalía que pueda afectar la estabilidad de los sitios de torre o de las zonas aledañas, y que para su control sea requerido algún tipo de obra de estabilización, entre las cuales comúnmente se encuentran: trinchos, muros de contención (en concreto ciclópeo, en piedra pegada), gaviones, drenajes (cunetas, filtros), entre otros, la determinación del tipo de obra a desarrollar y materiales requeridos, deberá darse en el momento que se identifique la necesidad de ejecutar la actividad.
- **Mantenimiento de estructuras, aisladores y herrajes en la línea:** Durante la operación de la Línea de Transmisión eléctrica y la bahía de conexión 230 kV., se realizarán trabajos de mantenimiento o recuperación del servicio por evento no previstos como fallas geológicas, movimientos telúricos, voladura de torres, explosión de equipos, vendavales, incendios etc., que requieren oportuna atención para reestablecer el servicio dentro del tiempo máximo de indisponibilidad permitida, con el fin de evitar restricciones y reclamaciones por parte de los usuarios.

En la Línea de Transmisión el mantenimiento preventivo y/o correctivo que comprende las obras de recuperación y conservación de la infraestructura eléctrica, entre las cuales se destacan las siguientes: cambio o refuerzo de estructuras o de algunos de sus elementos; pintura de patas, señalización de estructuras; cambio de aisladores rotos y accesorios de las cadenas de aisladores; cambios de empalmes, blindajes o camisas de reparación instalados en los conductores; cambio de uno o varios conductores, cambio de accesorios de cable de guarda y de puestas a tierra, mediciones de resistencia de las puestas a tierra.



Las Líneas de transmisión de alta tensión se consideran como equipamientos del Sistema Eléctrico, constituidos por elementos conductores, destinados al transporte de la energía eléctrica desde la generación hasta la distribución. El mantenimiento de las líneas de transmisión se realiza en todos los componentes de la misma, según las características particulares de cada unidad.

Los equipos de mantenimiento realizan en las líneas de transmisión, una serie de actividades tales como:

- **Mantenimiento de obras civiles y de preservación del medio ambiente:** Consisten en el mantenimiento del rango de servidumbre, carreteras de servicio, plaza de montaje y componentes asociados, existentes en las inmediaciones de la línea. Este mantenimiento es importante para evitar la interferencia de la vegetación local, el buen funcionamiento de la Línea de Transmisión y para que los accesos a la torre estén en condiciones que permitan el tránsito de los vehículos de mantenimiento para el transporte de personal, herramientas e instrumentos. Este mantenimiento se realiza con relación a la altura máxima de la vegetación por debajo de las líneas. Este servicio debe ser hecho, de modo que, además de cortar la vegetación, esa vegetación cortada debe ser retirada del local para evitar incendios con la vegetación seca.

Son ejemplos de este ítem: Limpieza / roza de la banda de servidumbre, poda de árboles, corte selectivo de vegetación, erradicación de cultivos y vegetación, apertura y mantenimiento de carreteras de acceso a las estructuras, drenaje de los accesos y de las áreas de las estructuras, corrección de erosiones, construcción de alcantarillas y puentes, secado y puesta a tierra de cercas, mapeo de accesos en GPS, mantenimiento de cimientos, erradicación de hormigueros, etc.

- **Mantenimiento de las estructuras de soporte:** El mantenimiento de las torres de transmisión de energía eléctrica, debe ser hecho para conservar la estructura, evitando accidentes. Se contempla en las estructuras en general: verificación de apriete final o cambio de tornillos, verificación del estiramiento o retensionamiento

de los tirantes de acero que sostienen torres estacionarias; sustitución de piezas corroídas, instalación, sustitución y retirada de estructuras, conferencia y corrección de la verticalidad, conferencia e intercambio de piezas y conexiones dañadas de las estructuras, conferencia y retirada de flambaje en las estructuras, aplicación de producto de protección o recuperación por tratamiento anticorrosivo, etc. En las estructuras metálicas, en particular, corrección de plomada, nivelación, puntos de oxidación, flexiones excesivas, encajes de perfiles y piezas estructurales, deterioros, empenamientos naturales o provocados por esfuerzos excesivos. En las estructuras de concreto en cuanto a la plomada, alineación de postes, nivelación, grietas, desagregación de material, flexiones excesivas de postes, presencia de grietas, saltos y puntos de herrumbre de la armadura interna perjudicando la superficie externa. Implantación y retirada de postes.

- **Mantenimiento del sistema de puesta a tierra:** En cuanto al mantenimiento del sistema de puesta a tierra, se realizan actividades de medición de resistencia de tierra; Sustitución de enmiendas; Sustitución de herrajes y Medición y corrección de la resistencia de puesta a tierra de las torres.
- **Mantenimiento en elementos aéreos:** Consiste en el mantenimiento donde se contemplan los aisladores y cables de pararrayos, cables conductores y componentes asociados. Esta actividad posibilita corregir defectos, tales como: Conferencia y cambio de aisladores; Limpieza o lavado de cadenas de aisladores; Conferencia y mantenimiento de cables de pararrayos y conductores; Sustitución de cadenas de aisladores y herrajes; Inspección aérea y análisis por termovisión; Inspección aérea de efecto corona en los cables y aisladores; Conferencia y corrección de espaciadores, amortiguadores y accesorios de cadena; Mantenimiento en caja de empalme cable OPGW; Sustitución de conductores de pararrayos y cables conductores; Sustitución de enmiendas de cables de pararrayos y / o conductores; Re-estiramiento y regulación de cables de pararrayos y / o conductores: Instalación de bolas de señalización; Medición de vibraciones eólicas; Retirada de objetos extraños a las líneas; etcétera.

- **Servicios Generales:** Consiste de otros servicios extras, intervenciones esporádicas, servicios complementarios o actividades de apoyo, tales como: Ejecución de Obras Civiles y Montaje Electromecánico; retrofit, según proyectos ejecutivos civiles y electromecánicos; refuerzo de fundaciones, señalización; la recomposición o complemento del sistema de señalización o de identificación de estructuras; levantamientos topográficos, emisión de informes semanales y mensuales, informando "no conformidades" retiradas y pendientes acompañadas de fotos digitales; Emisión de informes preventivos; Trabajo de concientización y prevención en comunidades adyacentes a Línea de Transmisión; otros extras. Hay también las acciones de capacitación y puesta en marcha.
  
- **Acciones de Comisionamiento:** Recepción y aprobación de servicios en bandas de servidumbre y adyacencias, en las estructuras metálicas / hormigón, en las cadenas y grapas, en los cables conductores y accesorios, equipos, cables de pararrayos y accesorios, sistema de puesta a tierra. Incluye la realización de pruebas, ensayos e inspecciones que es la puesta en marcha propiamente dicho, de conformidad con las normas y estándares en vigor, para prevenir, corregir y eliminar fallas en las instalaciones y en la operación de equipos.
  
- **Acciones de Recapitación:** La creciente demanda de energía del sistema eléctrico lleva el sistema de transmisión a una progresiva elevación de la carga de sus equipos, incluyendo líneas de transmisión. La capacitación de líneas aparece como una alternativa para la expansión del sistema de transmisión.  
Las acciones de mantenimiento anteriormente indicadas pueden ser de naturaleza correctiva, preventiva o predictivas o de naturaleza de emergencia. El Mantenimiento de emergencia, es un mantenimiento correctivo o de ocasión realizada en las líneas cuando ocurre algún problema, en general de fuerza mayor, como vientos que derriban torres, sobre tensiones de origen atmosféricas que desconectan la línea y otros eventos de naturaleza extraordinaria: Acciones de emergencia por las quemaduras; Acciones de emergencia en cierre por aproximación de Vegetación; Acciones de Emergencia por Vandalismo / Sabotaje; Acciones de emergencia por caída de torres; etcétera

Las actividades mínimas de mantenimiento para las líneas de transmisión son la Inspección Terrestre y la Inspección Aérea.

La inspección terrestre y la inspección aérea deberán realizarse como mínimo cada doce meses y en períodos no coincidentes, preferentemente intercalados cada seis meses (antes del inicio del período lluvioso y antes del inicio del período de verano). En las inspecciones terrestres deberá verificarse: el estado general de la Línea de Transmisión, la estabilidad de las bases de las estructuras en cuanto a las erosiones y desbarques, la situación de los estais, la situación de los aterramientos, la situación de los accesos hasta las estructuras, a la proximidad de la vegetación a los cables, la posibilidad de quemaduras y la posibilidad de invasión de la banda de servidumbre.

En las inspecciones aéreas deberá verificarse: el estado general de la Línea de Transmisión, la integridad de las cadenas de aisladores, la verificación de puntos calientes, la integridad de los cables para rayos, la estabilidad de las estructuras, la aproximación de la vegetación a los cables y la posibilidad de quemarse.

A partir de los resultados de las inspecciones terrestres y aéreas regulares debe evaluarse la necesidad de inspecciones terrestres detalladas con escalada de estructuras, inspecciones termográficas, inspecciones nocturnas para observación de centelleo en aislamiento o de inspecciones específicas para identificación de defectos (oxidación de rejillas, estado de los tornillos de sujeción de cadenas, daño de conductores internos a grapas de suspensión o espaciadores, daño de aisladores de pedestal, etc.).

Se debe realizar inspecciones adicionales en las áreas con riesgo potencial de vandalismo (tramos con alta concentración demográfica).

En los informes de inspección de líneas de transmisión debe constar registro fotográfico de los puntos relevantes, que permita la verificación de la limpieza de la banda de servidumbre y del tipo y altura de la vegetación circundante. Se deben

registrar la fecha y la hora de las fotografías y las coordenadas geográficas de los puntos en los que fueron tomadas.

Se deberá mantener registro actualizado de las líneas de transmisión, conteniendo las restricciones ambientales, el tipo de arborización existente bajo las líneas y las periodicidades de podas y rozadas recomendadas.

- **Mantenimiento de la servidumbre:** Este mantenimiento se realizará con el fin de controlar los acercamientos y garantizar que se conserve la distancia de seguridad establecida a los cables conductores, se deben realizar los programas de despeje de la servidumbre mediante rocería, poda o tala de árboles y demás vegetación, limpieza de los sitios de torres, postes, etc.

Los equipos de mantenimiento realizan el mantenimiento del rango de servidumbre, carreteras de servicio, plaza de montaje y componentes asociados, existentes en las inmediaciones de la línea. Este mantenimiento es importante para evitar la interferencia de la vegetación local, el buen funcionamiento de la Línea de Transmisión y para que los accesos a la torre estén en condiciones, que permitan el tránsito de los vehículos de mantenimiento para el transporte de personal, herramientas e instrumentos. Este mantenimiento se hace con relación a la altura máxima de la vegetación por debajo de las líneas. Este servicio debe ser hecho, de modo que, además de cortar la vegetación, esa vegetación cortada debe ser retirada del local para evitar incendios con la vegetación seca.

#### 3.2.4.2.15 Mantenimiento de la Zona de Servidumbre

Hace referencia a la ejecución de obras (Mantenimiento, reparación y/o construcción) relacionadas con la identificación de procesos erosivos o de remoción en masa, o de cualquier tipo de anomalía que pueda afectar la estabilidad de los sitios de torre o de las zonas aledañas, y que para su control sea requerido algún tipo de obra de estabilización, entre las cuales comúnmente se encuentran: trinchos, muros de contención (en concreto ciclópeo, en piedra pegada), gaviones, drenajes (cunetas, filtros),

entre otros, la determinación del tipo de obra a desarrollar y materiales requeridos, deberá darse en el momento que se identifique la necesidad de ejecutar la actividad.

#### 3.2.4.2.16 Mantenimiento de Equipos y Estructuras en Subestación Elevadora y Bahía de Conexión 230kV

- **Mantenimiento de equipos y estructuras de patio:** Se realizará de manera periódica inspecciones, pruebas, reparaciones, etc., de la infraestructura electromecánica, los equipos y las estructuras de patio en la subestación elevadora y Bahía de Conexión para verificar el funcionamiento de estos.
- **Mantenimiento preventivo del sistema de protección contra incendios:** Sistema de señalización conforme a las normas; Sustitución de extintores y control de los períodos de validez; Re-Validación de extintores.
- **Mantenimiento de los equipamientos principales y equipos de maniobra:** Consiste en la prestación de servicios de mantenimiento preventivo y correctiva, con predominancia electro-mecánica, de acuerdo con las necesidades específicas de cada equipo, para asegurar los requisitos técnicos operacionales y eliminar posibles anomalías del sistema, restaurando las condiciones normales de operación en Transformadores de potencial capacitivo - TPC; Transformadores de corriente - TC; interruptores de circuito; Pararrayos y Paneles CC y CA); Reactores de potencia; Llaves Seccionadoras; etcétera
- **Mantenimiento de Equipos de medición, protección y control:** Este servicio consiste en la prestación de servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, con predominio electro electrónico, para la verificación de la funcionalidad de los equipos, para asegurar las condiciones operacionales y de limitaciones del sistema de Medición, Protección y Control, tales como: limpieza general de los paneles, pruebas funcionales de correcta secuencia operativa de los relés existentes; calibraciones y calibraciones de relés de protección electromecánica, estática y microprocesador; y ajustes parametrizados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, etc.

- **Mantenimiento de Servicios Generales y otros servicios:** Consiste en otros servicios extras, intervenciones esporádicas, servicios complementarios o actividades de apoyo, tales como: Mantenimiento de los Servicios Auxiliares; Mantenimiento de la malla de puesta a tierra de subestaciones; Estudio de cortocircuito y selectividad. De acuerdo con la recomendación de las buenas prácticas, las actividades mínimas de mantenimiento predictivo en subestación elevadora y bahía de conexión consisten en:
- Inspecciones visuales
  - Inspecciones Termográficas en los equipos y en sus conexiones

Las inspecciones visuales deben ser realizadas regularmente para verificar el estado general de conservación de la subestación, incluyendo la limpieza de los equipos, la calidad de la iluminación del patio y la adecuación de los ítems de seguridad (por ejemplo, extintores y señalización).

Durante las inspecciones visuales deben verificarse, entre otras cosas, la existencia de fugas de aceite en los equipos y de óxido y corrosión en equipos y estructuras metálicas, la existencia de vibración y ruidos anormales, el nivel de aceite de los principales equipos y el estado de conservación de los armarios y canales y las condiciones de los aterramientos.

Las inspecciones termográficas en subestaciones deben ser realizadas, como mínimo, cada seis meses, debiendo ser evaluadas no sólo las conexiones, sino todos los equipos de la subestación elevadora y bahía de conexión.

#### 3.2.4.2.17 Medidas complementarias de la fase operativa de la Línea de Transmisión 230kV

Para la zona urbana, teniendo en cuenta que los postes de energía se ubicarán en su totalidad sobre el separador central de la Concesión San Rafael (Variante norte de Ibagué 40TLG y la Variante Picalaña 40TLF), zona en la cual se intercalarán con la vegetación

ornamental o arbustiva existente en el corredor vial<sup>16</sup>, es de esperar que el impacto que se puede ocasionar con los postes de energía sea casi imperceptible, dado que estos se encontrarán mezclados con la vegetación de bajo porte existente en el separador.

#### 3.2.4.2.17.1 Plan de mitigación

Se proponen las siguientes actividades generales como medidas de mitigación al impacto menor de las obras sobre el tránsito de las vías a intervenir:

##### ➤ **Protecciones a los postes**

Con el fin de mitigar el riesgo potencial del impacto de un vehículo al ubicar los postes en el separador central, se colocarán protecciones tipo defensa metálica, teniendo en cuenta que el impacto de un vehículo en una defensa metálica tiene un gran componente de elástico, por lo tanto, la afectación potencial al vehículo y pasajeros es mucho menor.

Adicional a las defensas metálicas, se colocará otra protección en cada poste consistente en un Amortiguador de impacto de tres secciones, en acero galvanizado, a cada lado del poste o torrecilla. Con esta protección adicional se garantiza que un vehículo que pudiese sobrepasar la defensa metálica colisione de forma amortiguada evitando el contacto con una estructura rígida y, de esta forma, se reducirán considerablemente los impactos potenciales sobre los ocupantes de los vehículos en caso de un accidente.

Cada amortiguador de impacto tendrá una nariz en forma de semicírculo, encargada de recibir inicialmente el impacto y, adicionalmente, estará compuesto por tres secciones; cada una de 92 centímetros de longitud, con un ancho de 61 centímetros, la altura total desde el nivel del piso es de 82 centímetros. Los elementos de estas secciones son deslizables, con lo cual se facilitará la deformación mientras el impacto es amortiguado,

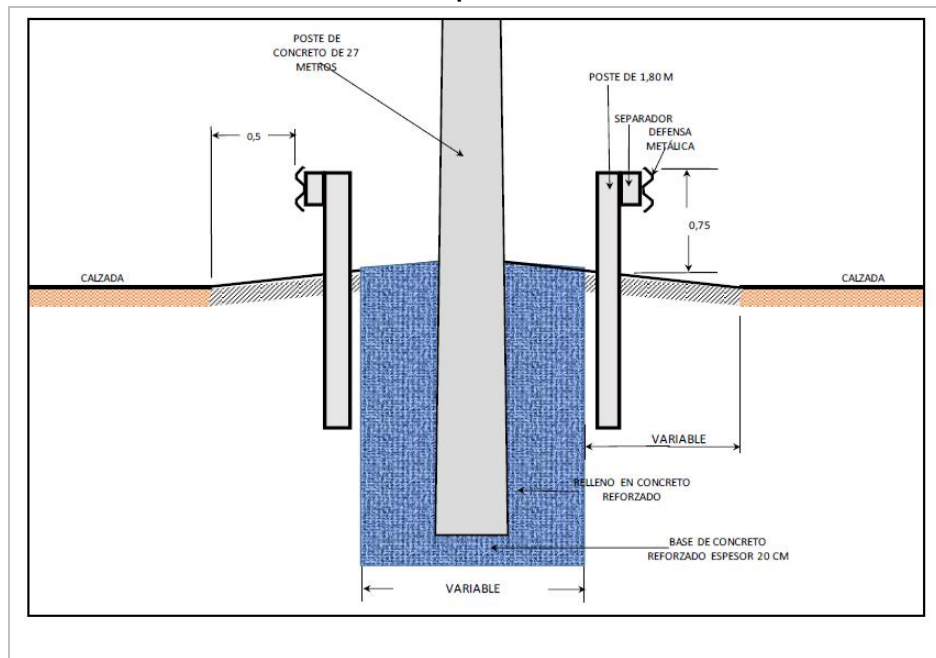
---

<sup>16</sup> El propósito principal de esta vegetación de porte bajo es evitar el contacto visual entre las dos calzadas, con el fin de reducir la accidentalidad.



reduciendo los daños potenciales en el vehículo y sus ocupantes (Figura 3.107, Figura 3.108, Figura 3.109, Figura 3.110).

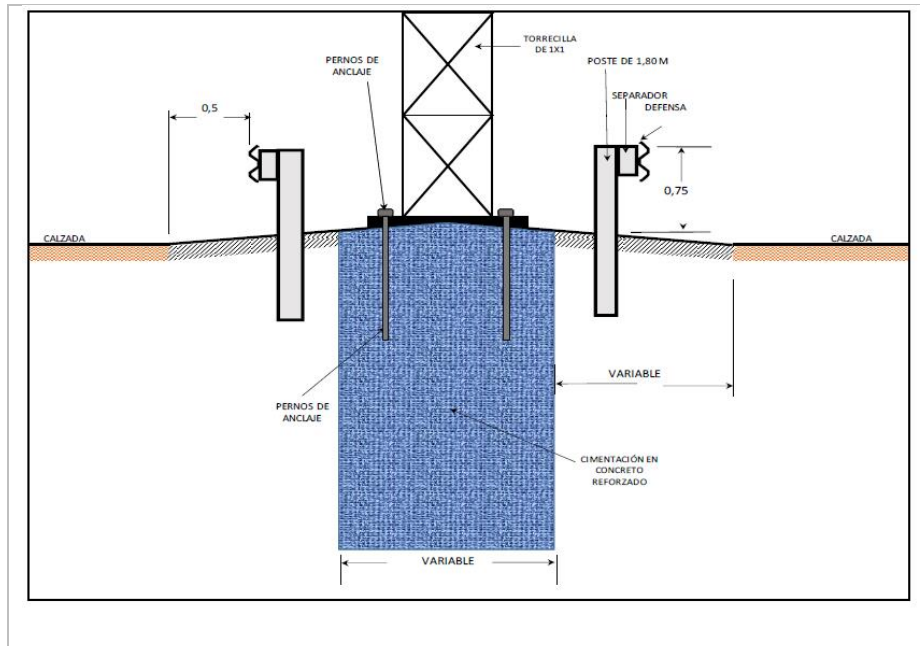
**Figura 3.107. Vista transversal de las defensas metálicas en tramo de postes en concreto (tramo típico).**



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

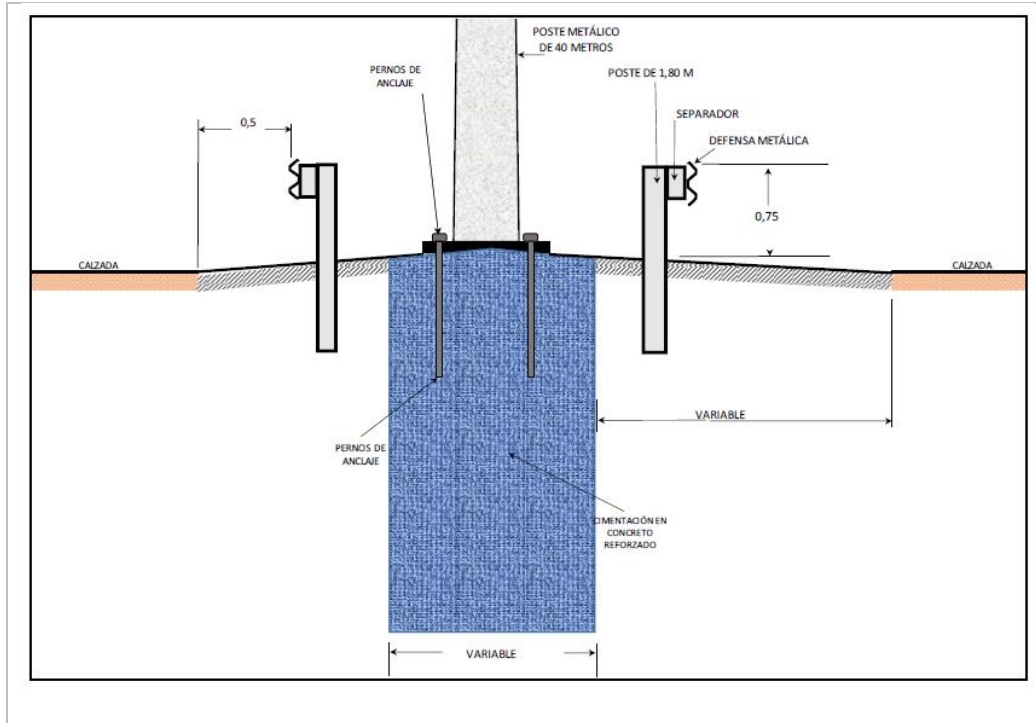
Todas las defensas metálicas que se instalen como protección, deberán contar con capta-faros espaciados cada dos (2) metros.

Figura 3.108. Vista transversal de las defensas metálicas en tramo de torrecillas (tramo típico).



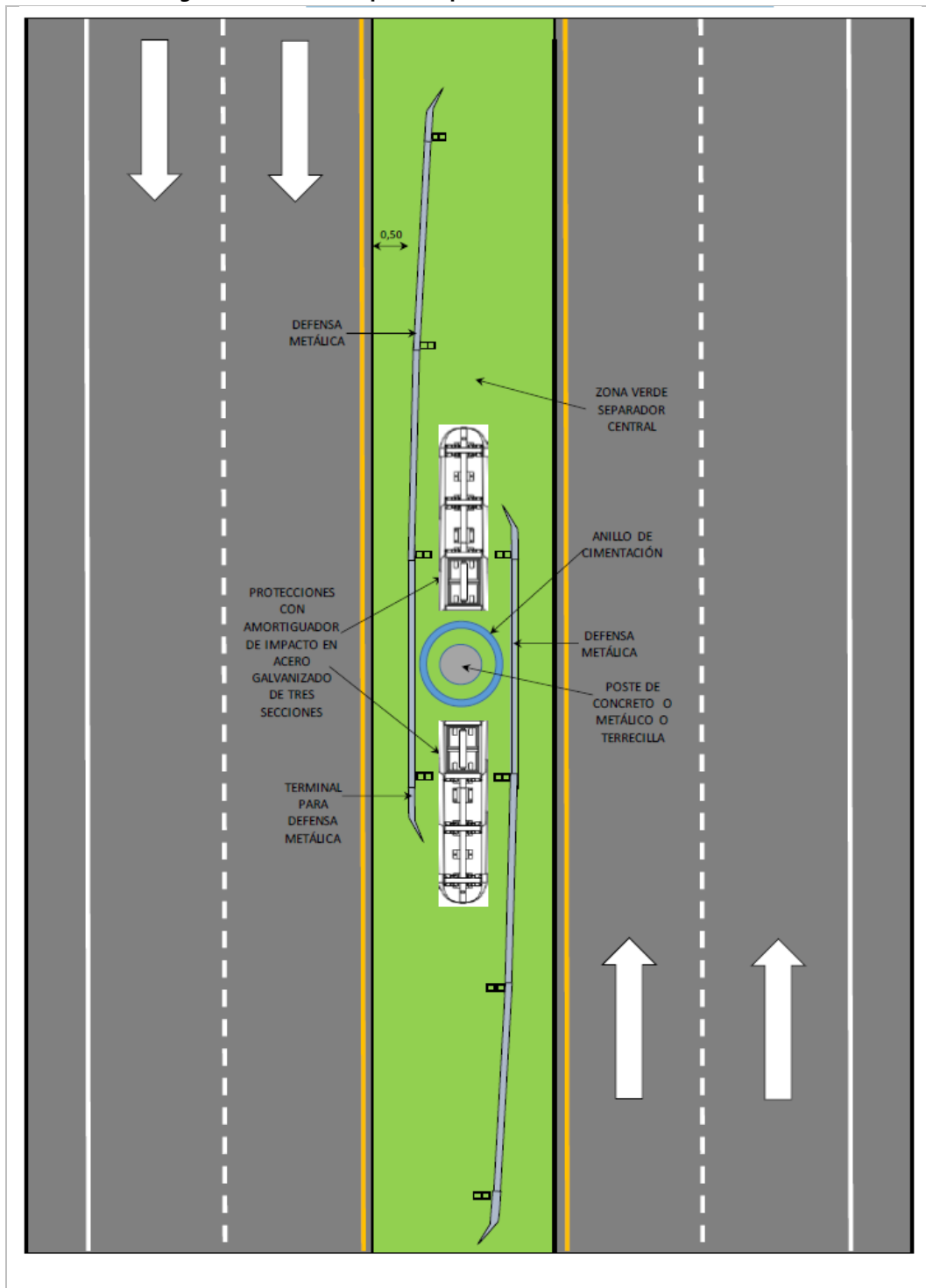
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Figura 3.109. Vista transversal de las defensas metálicas en tramo de postes metálicos (tramo típico).



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Figura 3.110. Vista típica en planta de las defensas metálicas.



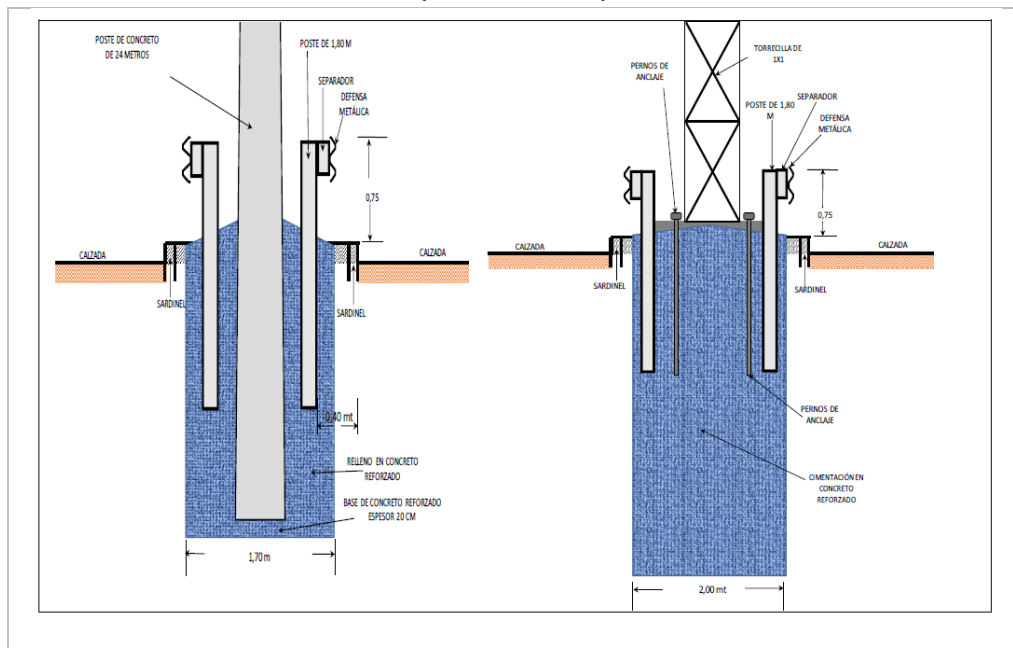
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

El sector más restrictivo desde el punto de vista del ancho del separador corresponde al tramo del PR1+930 al PR2+050 de la ruta 40TLG, con una longitud de 120 metros y que presenta un ancho de separador central entre 2,00 y 2,50 metros. En este tramo es necesario colocar dos postes de 24 metros y una torrecilla de 21,1 metros; en la Figura 3.111, Figura 3.112, Figura 3.113, se muestra específicamente la protección propuesta para estas estructuras.

Para este sector, se contempla colocar señalización adicional reglamentaria de 30 K/h a cada lado de la vía, con el fin de prevenir a los usuarios del peligro potencial, teniendo en cuenta que la protección con defensas metálicas en este tramo se encuentra cerca de la vía; es importante mencionar que este tramo cuenta con una protección adicional de sardinel de confinamiento para la zona de separador central.

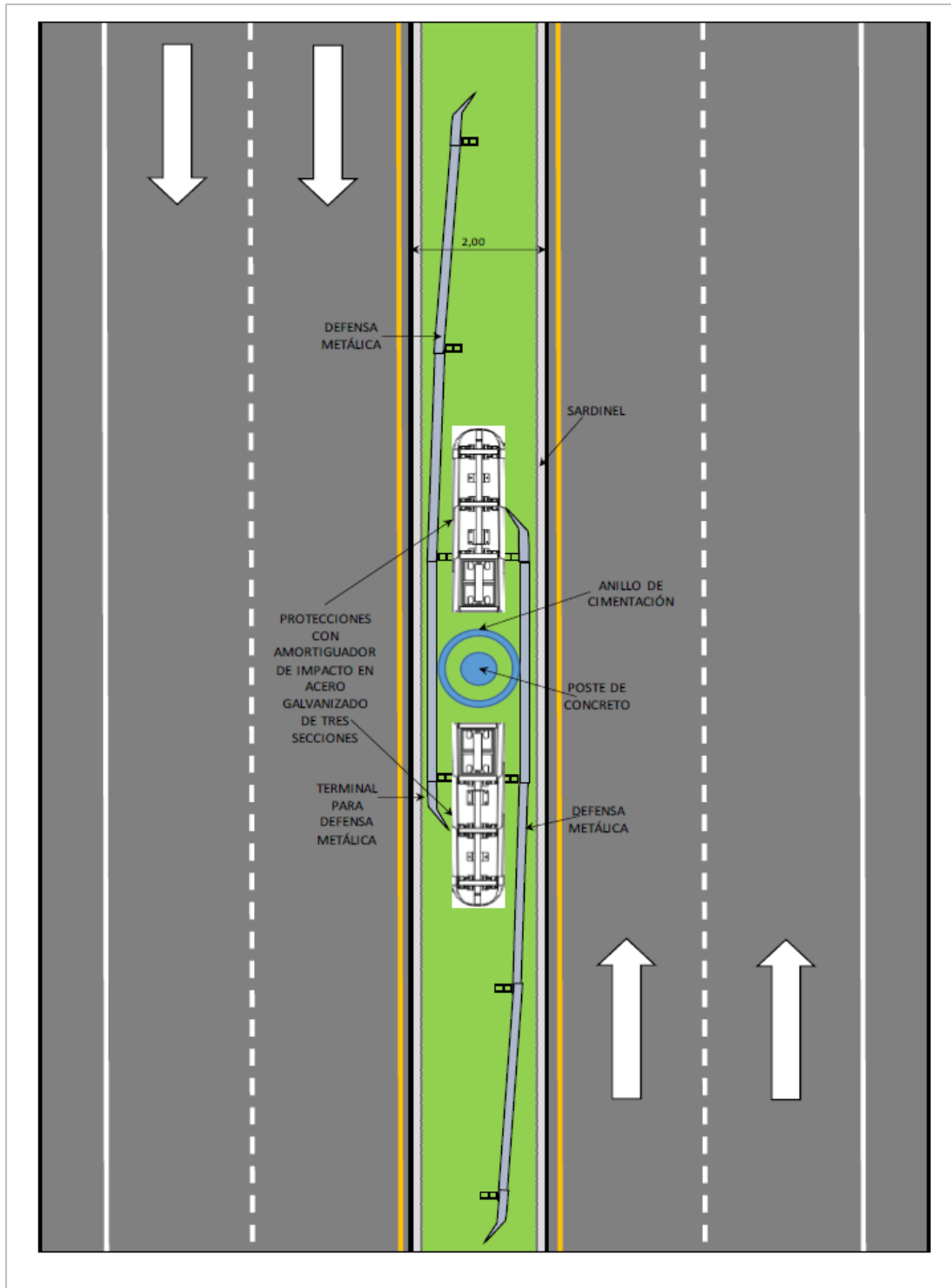
Todas estas obras fueron validadas y conceptuadas como compatibles por la Concesionaria San Rafael y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI; ver ANEXO B.1).

**Figura 3.111. Vista transversal de las defensas metálicas en tramo de torrecillas y postes en concreto (tramo estrecho).**



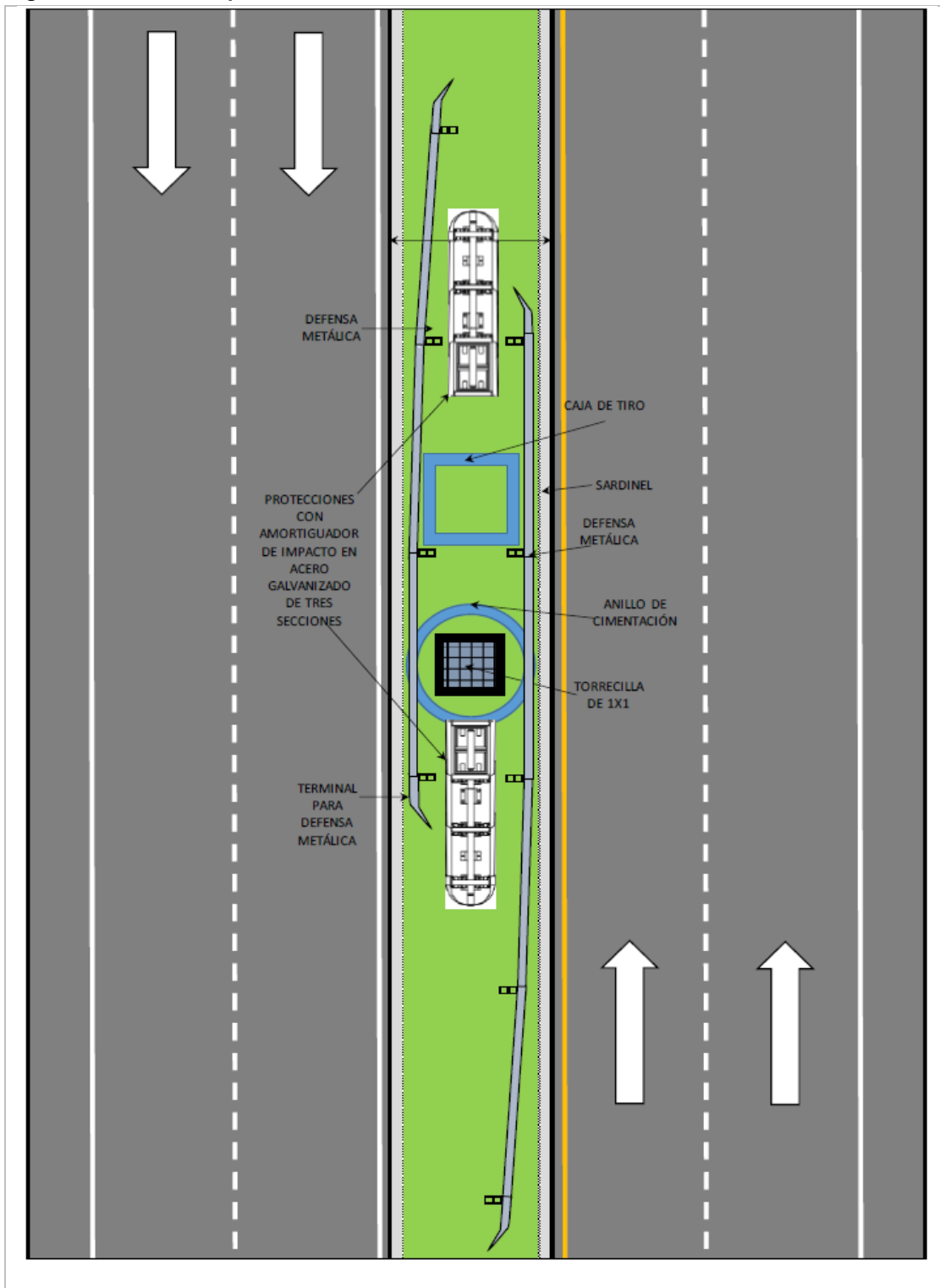
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Figura 3.112. Vista en planta de las defensas metálicas en tramo de postes en concreto (tramo estrecho).



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Figura 3.113. Vista en planta de las defensas metálicas en tramo de torrecillas (tramo estrecho).



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### 3.2.4.3 Infraestructura asociada al Proyecto

En la Tabla 3-107 se incluyen las características y ubicación aproximada de la infraestructura asociada al proyecto.

**Tabla 3-107. Infraestructura asociada al Parque Fotovoltaico y Línea de Transmisión 230kV**

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Campamentos transitorios, sitios de acopio y almacenamiento de materiales y cualquier tipo de infraestructura relacionada con el Proyecto	<p>Campamento temporal o transitorio: El Proyecto contará con un campamento de obra, de carácter temporal o transitorio, que operará únicamente durante la fase de construcción, estará ubicado dentro del perímetro del Parque Solar.</p> <p>Consistirá principalmente de instalaciones tipo camper o contenedores metálicos; contará con taller de trabajo, comedor, servicio de primeros auxilios, oficinas administrativas, área para acopio y almacenamiento temporal de materiales, herramientas y equipos, zona de baños portátiles y zona de acopio de residuos peligrosos y no peligrosos.</p> <p>Adicionalmente se podría utilizar una casa existente en el área del proyecto ( del Predio El Reposo en arriendo por parte del Operadora Shangri-La), ubicada en las Coordenadas X: 4768158,9; Y: 2045676,2 para oficinas y bodegas durante la vida útil del proyecto.</p> <p>Sitios de acopio: Se contempla la adecuación y utilización de un Centro de Acopio temporal de materiales, insumos, herramientas, residuos y demás elementos del Proyecto. Estará ubicado al interior dentro del perímetro del Parque Solar, en una zona ligeramente plana, de alta estabilidad geotécnica y estará provisto de cerramiento perimetral. En su interior, se dispondrán sitios para el almacenamiento temporal de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, y materiales sobrantes de excavación, construcción y demolición, que por sus características no puedan ser utilizados en las actividades del Proyecto. Estos materiales y residuos serán entregados a terceros autorizados para su manejo y disposición final.</p> <p>El movimiento de tierras será muy bajo, teniendo en cuenta las características físicas de área (plana a ligeramente inclinada), e incluirá desmonte y descapote.</p> <p>En el centro de acopios, también se ubicará temporalmente una batería de servicios sanitarios portátiles y lavamanos para el manejo de las aguas residuales domésticas generadas durante la etapa de construcción.</p>

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
	<p>Para la Línea de Transmisión 230 kV se instalará plazas de tendido necesarias para disponer de los equipos e insumos requeridos para el tendido de los cables, las cuales fueron descritas en el numeral 3.2.4.1.3.5.1, y como patio de almacenamiento para la construcción de la Línea de Transmisión 230kV se utilizará el mismo patio de acopio temporal del parque que se encuentra adyacente a la subestación elevadora (PAT-1) y que se encuentra descrito en el numeral 3.2.4.1.3.5.3.</p> <p>Adicionalmente, se tendrán área de trabajo para los sitios de postes y torrecillas requeridas para disponer de los insumos y equipos requeridos para la construcción de las torres y postes de la Línea de Transmisión, así como para la instalación de los tramos subterráneos de la Línea mediante Perforación Horizontal Dirigida. Estas áreas son descritas en el numeral 3.2.4.1.3.8.6.</p>
Fuentes de materiales	No se requiere la utilización de material de préstamo lateral ni de otras zonas del área de influencia del Proyecto. Los materiales de construcción serán adquiridos por compra a terceros autorizados que cuenten con los permisos y/o licencias vigentes y aplicables.
Plantas de procesos	<p>No se requiere la utilización de plantas de triturado ni tampoco de plantas de concreto o asfalto.</p> <p>El concreto a utilizar para el Proyecto será adquirido mediante compra a terceros autorizados que presten este servicio y cuenten con los permisos y/o licencias vigentes y aplicables.</p>
Infraestructura de drenaje	<p>El Proyecto contará con infraestructura básica de drenaje consistente en cunetas a borde de vías y en localizaciones puntuales donde se de acumulación de agua de lluvia para facilitar el manejo de estas aguas y permitir un flujo lo más natural posible a las condiciones de inicio.</p> <p>Dados los resultados de los estudios técnicos desarrollados en sitio, no se ha identificado la necesidad de infraestructura de subdrenaje permanente.</p> <p>Se han descrito en apartado 3.2.4.1.1 la construcción de vías internas, localizaciones y diseños de los cruces de vía de acceso y de vías internas, con las corrientes de aguas superficiales encontradas en el Proyecto. Para estos puntos de cruce con cuerpos de agua, se solicita el respectivo permiso de ocupación de cauce en el Capítulo 7.</p>
Infraestructura de Geotecnia	No se requiere la construcción de obras de geotecnia específicas de importancia dentro del área de intervención del Proyecto.



CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Infraestructura de suministro de energía	Por acuerdo de arrendamiento con el propietario del predio El Reposo, se podría utilizar la energía eléctrica de la única infraestructura existente dentro del parque ubicada en las Coordenadas X: 4768158,9; Y: 2045676,2, que será usada como bodega. Sin embargo, también se contempla el uso de generadores pequeños de energía a gasolina o diésel en la etapa constructiva y posiblemente durante mantenimientos si se requiere.
Infraestructura de suministro de agua	El consumo de agua será suplido mediante compra a terceros autorizados que cuenten con los permisos y/o licencias vigentes y aplicables para la comercialización y suministro, el cual podría ser realizado mediante carrotanque, para uso doméstico e industrial. El agua potable para consumo humano será obtenida en botellones o botellas individuales y se contará con dispensadores de agua. Más detalles sobre las necesidades y abastecimiento de agua se presentan en el numeral 3.2.5.3.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

A continuación, se presenta una breve descripción de la infraestructura asociada al proyecto que no ha sido descrita anteriormente.

### ➤ Zona de campamentos

En esta área se localizan contenedores que cumplen la función de campamentos (oficinas, enfermería, comedor y baños) donde se ubica el centro comando de actividades y se alimentan las personas que intervendrán durante la construcción del parque fotovoltaico.

El campamento de personal se conformará en un área de aproximadamente 580m<sup>2</sup> y no considera dormitorios, teniendo en cuenta que se empleará la infraestructura existente en la ciudad de Ibagué, ya que ésta, presenta una red vial que permite un adecuado desplazamiento al área y cuenta con la oferta de servicios e infraestructura necesaria que puede llegar a requerirse en el desarrollo de las actividades.

El campamento estará conformado por 4 oficinas de contratistas y una oficina principal; no se contempla la preparación de alimentos en el área del Proyecto, se dispondrá de un comedor para el personal, este contará con agua potable, sistemas de refrigeración

y lava platos. Igualmente, el campamento contará con un sector de enfermería, el cual funcionará durante los horarios de trabajo en fase de construcción, como servicio de atención primaria y traslado de personal ante eventuales accidentes (ver Fotografía 3.63).



**Fotografía 3.63. Área para campamento y oficinas.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### ➤ **Baños portátiles**

Se contará con baños portátiles durante toda la etapa constructiva, estos se dispondrán tanto en los frentes de trabajo móviles como en el área del campamento, donde se dispondrá de instalaciones sanitarias consistentes en dispensadores de agua potable y servicios sanitarios, los cuales ocuparán una superficie estimada de 40m<sup>2</sup> instalando un baño portátil por cada 15 personas que se encuentren laborando en el proyecto (ver Figura 3.114).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.114. Baño portátil tipo.**

Fuente: <http://www.sivca.com>

Para la instalación y uso de baños portátiles en el campamento, el contratista solicitará la prestación de los servicios a empresas acreditadas y autorizadas, inspeccionando en forma periódica que este cumple con la sanidad e higiene de estos. La empresa a cargo de la higiene debe contar con la autorización ambiental para realizar las descargas de sus residuos en colectores autorizados.

Las unidades sanitarias portátiles (USP) serán distribuidas durante las actividades de construcción, teniendo en cuenta las áreas de intervención del proyecto, para brindar más facilidad el acceso al personal, por tanto, serán ubicados en patios de acopio temporal, instalaciones temporales, como en las áreas de instalación de paneles solares desplazándose a medida que va avanzando la instalación de los paneles. Estas unidades sanitarias se ubicarán en terrenos con una pendiente plana, que además presenten poca vegetación para su fácil acceso y de preferencia que cuenten con un poco de sombra para disminuir la disipación de olores. La empresa proveedora de las USP se encargará de su mantenimiento frecuente. Según las etapas del proyecto y la cantidad de personal a emplearse en cada etapa (ver numeral 3.2.5.7), se requiere la siguiente cantidad de unidades sanitarias portátiles o baños portátiles:

- ✓ **Etapas de adecuación y construcción: 196 personas:** 13 Baños Portátiles
- ✓ **Etapas de operación: 40 personas:** 3 Baños Portátiles

✓ **Eta de desmantelamiento: 80 personas:** 7 Baños Portátiles

➤ **Centro de acopio y mantenimiento**

Colindante a la instalación del campamento temporal, existirá un sector destinado para descarga y almacenamiento, donde se guardarán los insumos, equipos, herramientas y maquinaria necesaria para la construcción del parque fotovoltaico, esta área corresponde a un patio en grava de aproximadamente 400m<sup>2</sup>, la cual contiene en su interior zonas de residuos, generación de energía, almacenamiento de agua, combustible y un sector de mantenimiento.

Para el acabado del patio, se construirá una base con material granular tipo triturado y lavado de roca de acuerdo con las especificaciones contenidas en la Tabla 3.108 y proveniente de una cantera autorizada por las autoridades competentes. Este material se colocará y esparcirá uniformemente a todo lo largo y ancho del patio de conexiones y se compactará mediante empleo de equipo mecánico liviano (rana o vibro compactador), conservando las cotas, espesores y pendientes indicadas en los planos.

**Tabla 3.108. Criterios para el acabado de patio en grava.**

Característica	Criterio
<b>Espesor</b>	10 centímetros
<b>Granulometría</b>	1 pulgada
<b>Limpieza</b>	Libre de tocones y basura

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

A continuación, se describen las zonas que conforman el patio de operación y mantenimiento:

✓ **Zona para generación de energía eléctrica**

Cuando se requiera, dentro de la bodega de operación y mantenimiento se destinará un área para la instalación del sistema de autogeneración localizada, donde el

funcionamiento de los equipos a usar se realiza a partir de motores de combustión interna generalmente diésel (Fotografía 3.64).



**Fotografía 3.64. Generador tipo de energía eléctrica.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### ✓ **Zona de almacenamiento de combustible**

El combustible requerido para el funcionamiento de generadores, maquinaria y equipos en los frentes de trabajo será almacenado en un tanque hermético de aproximadamente 5 a 10 m<sup>3</sup> de capacidad; igualmente, el área del tanque de combustible estará protegida con un dique provisional de confinamiento con capacidad del 110% del volumen almacenado en el tanque y el suelo estará impermeabilizado y confinado. Estos diques podrán ser prefabricados o estar contruidos en mampostería, en concreto, en barreras portátiles con recubrimiento en geomembrana, u otros materiales de manera tal que se garantice el confinamiento y capacidad requeridos, así como su fácil desmantelamiento, teniendo en cuenta que después de la etapa constructiva este deberá ser retirado (ver Fotografía 3.65). La superficie de esta instalación podrá ser de aproximadamente 12 m<sup>2</sup>.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Fotografía 3.65. Dique tipo en mampostería y piso en concreto.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

#### ✓ **Zona de almacenamiento de agua**

En cuanto al uso doméstico, se dispondrá de 1 tanque con capacidad de almacenamiento para 15 m<sup>3</sup>, el cual será abastecido por medio de carrotanques.

El agua para uso industrial requerida durante la construcción del Parque Solar, corresponde a la utilizada en el riego en vías o para la compactación del terreno y su conducción o transporte se realizará a través de carrotanques desde el sitio de compra del recurso hasta los sitios de uso.

#### ✓ **Patio de almacenamiento de materiales**

Se habilitará una zona de almacenamiento para los materiales e insumos, cuyo objetivo será almacenar temporalmente los insumos que se utilicen durante la fase de construcción, así como también las herramientas y materiales necesarios para las mantenciones que requieran las instalaciones del Proyecto.

### ✓ **Zona de almacenamiento de residuos sólidos**

Se debe construir o adecuar un espacio para el almacenamiento de residuos sólidos generados durante la etapa constructiva del Proyecto. La superficie del sitio podrá estar ubicada sobre el terreno natural, afirmado, en suelo estabilizado con cemento o con productos químicos, concreto o con cualquier otro material, que garantice la estabilidad, funcionalidad y la protección del medio y sobre el cual se ubicarán estibas.

El área de almacenamiento contará con espacios independientes para residuos peligrosos, residuos ordinarios no aprovechables, residuos aprovechables y especiales, los cuales estarán debidamente señalizados de acuerdo con el tipo de residuo. La estructura de la caseta podrá ser:

### ❖ **Estructura de acopio transportable**

Corresponde generalmente a una estructura metálica con cubierta, que consta de varios compartimientos y cuenta con una bandeja para la retención de eventuales lixiviados que puedan generarse. La estructura puede reutilizarse cuando ya no se necesite y una vez sea desmontada del sitio (Fotografía 3.66).



**Fotografía 3.66. Caseta tipo transportable – Residuos sólidos.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### ❖ Caseta portátil

Puede corresponder a una estructura también de varios compartimientos, de fácil armado y desmantelamiento, en cualquier material que sea funcional y no genere mayores impactos, por lo que generalmente es utilizada en los frentes de obra.

Estas casetas tienen columnas en madera, estarán techadas y encerradas con lámina de zinc, las cuales contarán con suelo en concreto o material para impermeabilizar.

En cuanto a la caseta de residuos, ésta se ubicará en un lugar seco, ventilado, iluminado y libre de radiación solar directa. Se deben construir cunetas perimetrales para control de lixiviados, las cuales se comunican directamente con el sistema de desagüe interno de la caseta de almacenamiento el cual contará con una pendiente del 1 – 2 %. Adicionalmente se deberá contar con la señalización del caso que permita organizar los residuos de acuerdo con sus características, facilitando su gestión integral.

A manera de esquema se incluye la Figura 3.115 que presenta una caseta portátil tipo, la cual cuenta con 4m de ancho, 2m de profundidad y una altura máxima de 2,5m.



Figura 3.115. Diseño tipo de una caseta de residuos sólidos.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).



### ❖ Caseta fija

Corresponderá a una estructura techada que se instalará de forma fija y cuya vida útil se ajustará a la duración del Proyecto. Su dimensionamiento y distribución será tal que se garantice la seguridad, funcionalidad y la protección del medio (Fotografía 3.67).



**Fotografía 3.67. Caseta fija de residuos sólidos.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### ✓ Zona de mantenimiento

El mantenimiento de los equipos se efectuará en un lugar aledaño a la zona de residuos peligrosos dentro del centro de acopio, sector que consistirá en un recinto techado demarcado sobre una loza de hormigón de 100m<sup>2</sup>, cuyo perímetro tendrá una rejilla recolectora conectada a una trampa de grasas. Cuando se vacíe la trampa de grasas, su contenido será almacenado en contenedores que se trasladarán a la zona de residuos. En este lugar, se almacenarán los insumos requeridos para la mantención de equipos (aceite de motor y grasas lubricantes) en canecas de 55 galones, con tapa, acopiados en forma ordenada. A su vez, contará con extintor y contenedores portátiles identificados mediante colores y rotulación, para diferenciar los residuos que se generen en el lugar.

✓ **Zona de parqueo**

Finalmente, colindante a la instalación del campamento temporal y centro de operación y mantenimiento, se adecuará un sector de 700m<sup>2</sup> para el estacionamiento de vehículos (Fotografía 3.68).



**Fotografía 3.68. Parqueadero interno de vehículos.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Todas estas instalaciones o infraestructura de apoyo temporal serán ubicada en un área total de 1800 m<sup>2</sup> (0,18 ha) denominada Instalaciones Temporales, y sus coordenadas de ubicación se presenta en la Tabla 3.109.

**Tabla 3.109. Coordenadas de Localización de Instalaciones Temporales del Parque Solar**

Vértices de las Instalaciones Temporales	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
	ESTE	NORTE
1	4768116,83	2045826,14
2	4768116,72	2045786,13
3	4768071,71	2045786,25
4	4768071,82	2045826,27

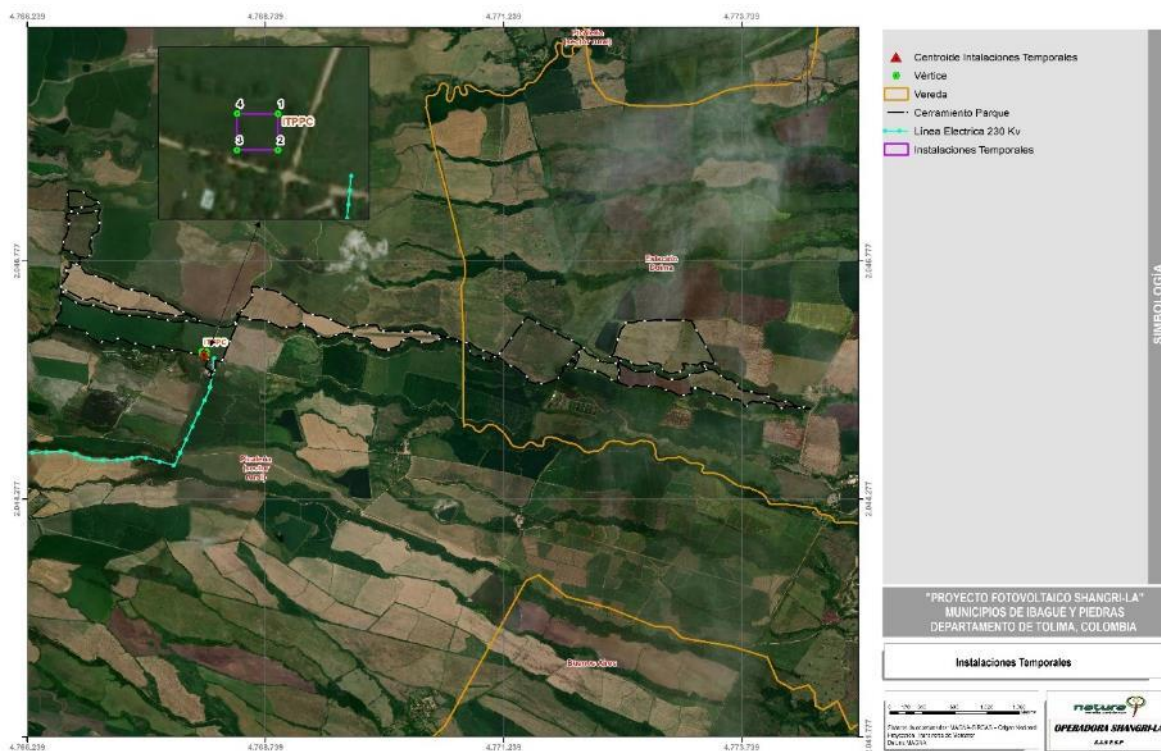
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

en la Tabla 3-110 se relaciona la información más relevante de patios de acopios temporales y en la Figura 3.116 se puede observar su ubicación.

**Tabla 3-110. Ubicación y Condiciones del terreno de Instalaciones Temporales del Parque Solar**

Instalación	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
Instalaciones Temporales	0,18	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).



**Figura 3.116. Localización de Instalaciones Temporales del Parque Solar**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

➤ **Instalaciones de apoyo permanente**

✓ **Caseta de vigilancia**

La caseta de vigilancia tiene dimensiones aproximadas en planta de 2,0m x 2,0m ubicada sobre placa en concreto; esta placa irá apoyada sobre el afirmado, se podrá construir en tabla chapa y cubierta en teja de zinc o podrá ser una estructura prefabricada y permanente (Fotografía 3.69).



**Fotografía 3.69. Caseta tipo de celaduría.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Tanto la bodega de operación y almacenamiento, como la subestación elevadora, cerramiento o vallado del parque, estaciones de media tensión, cajas colectoras y demás infraestructura o instalaciones permanentes requerida para la operación del proyecto durante su vida útil, fue descrita anteriormente en los numerales 3.2.4.1 y 3.2.4.2.

➤ **Patios de Acopio Temporal**

Durante la construcción del Parque Solar y de la Línea de Transmisión se contarán con siete (7) Patios de Acopio Temporal distribuidos sobre los predios del Parque Solar, los cuales se podrán utilizar para almacenar de manera temporal los materiales de desmonte y descapote, los materiales sobrantes de excavación, construcción y demolición, así como los módulos solares, estructuras, seguidores, demás insumos o equipos durante el montaje de estos, de igual manera se podrán disponer de baños portátiles y campamentos temporales en caso de requerirse, así como las estructuras de acopio

transportables descritas anteriormente para el almacenamiento adecuado y temporal de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos. Seguidamente en la Tabla 3-111 se relaciona la información más relevante de patios de acopios temporales y en la Figura 3.117 se puede observar su ubicación. En el Anexo C.2 se puede detallar las coordenadas de los vértices de los polígonos que delimitan estos patios de acopio temporal.

**Tabla 3-111. Ubicación y Condiciones del terreno de los Patios de Acopio Temporal**

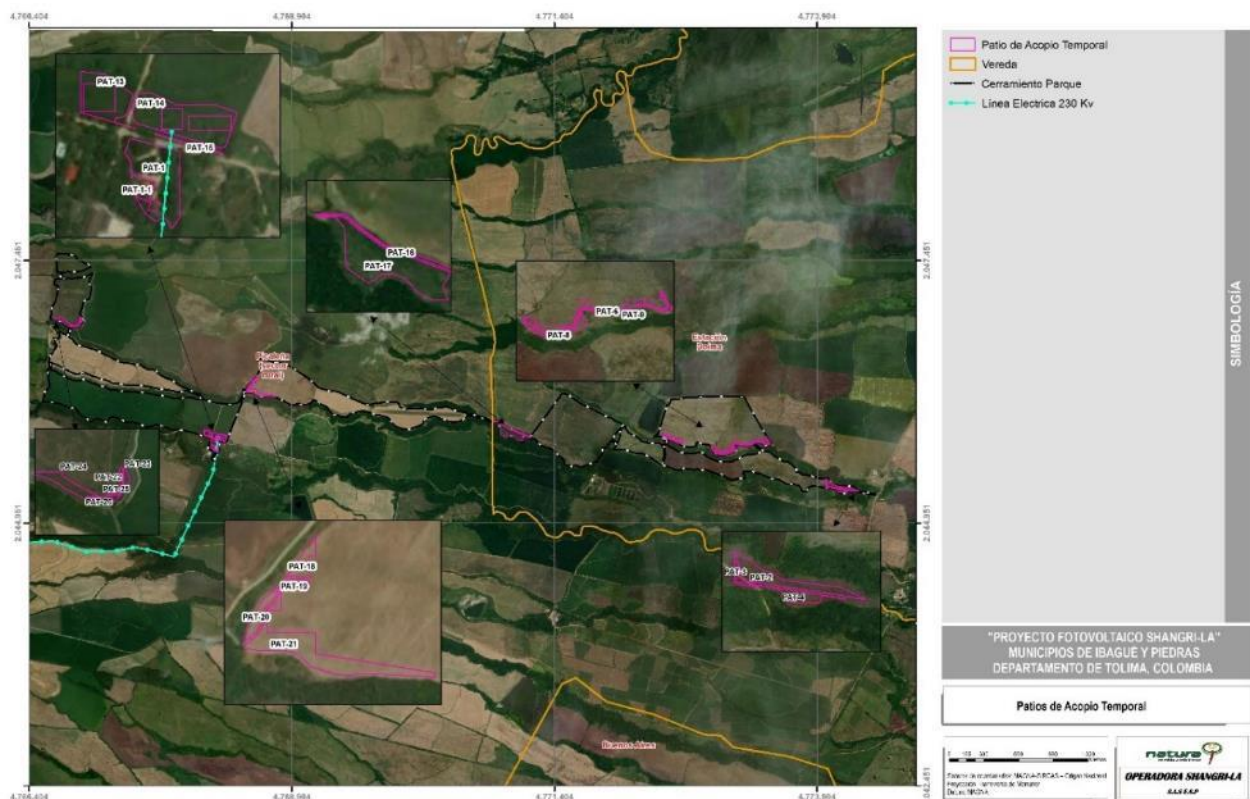
ID Patios de Acopio Temporal	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
<b>PAT-1</b>	0,5874	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-1-1</b>	0,0048	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-2</b>	0,7120	Estación Doima	PIEDRAS	2.3.1. Pastos limpios	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-3</b>	0,0402	Estación Doima	PIEDRAS	2.3.1. Pastos limpios	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-4</b>	0,2611	Estación Doima	PIEDRAS	2.3.1. Pastos limpios 3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX) Protección
<b>PAT-5</b>	0,0605	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-6</b>	0,9554	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-7</b>	0,0002	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz 3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-8</b>	0,4792	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)

ID Patios de Acopio Temporal	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
<b>PAT-9</b>	0,0917	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz 3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-10</b>	0,3643	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-11</b>	0,0106	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-12</b>	0,0517	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-13</b>	0,2057	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados 2.1.2.1. Arroz 2.3.2. Pastos arbolados 3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI) Pastoreo extensivo (PEX) Protección Transporte
<b>PAT-14</b>	0,4710	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados 2.1.2.1. Arroz 2.3.2. Pastos arbolados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI) Pastoreo extensivo (PEX) Transporte
<b>PAT-15</b>	0,0084	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.2. Pastos arbolados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-16</b>	0,1360	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz 3.1.4. Bosque de galería y ripario	A nivel, 0-1% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI) Protección

ID Patios de Acopio Temporal	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
				3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja	Ligeramente inclinada, 3-7% (b) Ligeramente plana, 1-3% (a)	
<b>PAT-17</b>	1,6386	Estación Doima	PIEDRAS	2.1.2.1. Arroz 3.1.4. Bosque de galería y ripario 3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja	A nivel, 0-1% (a) Ligeramente inclinada, 3-7% (b) Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI) Protección
<b>PAT-18</b>	0,1084	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-19</b>	0,0488	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-20</b>	0,0935	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-21</b>	0,6364	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.1.2.1. Arroz	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
<b>PAT-22</b>	0,0611	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.3. Pastos enmalezados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-23</b>	0,0514	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.3. Pastos enmalezados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
<b>PAT-24</b>	0,3825	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.3. Pastos enmalezados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)

ID Patios de Acopio Temporal	Área (ha)	Vereda	Municipio	Cobertura de la Tierra	Pendiente del Terreno	Uso del Suelo
PAT-25	0,1101	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.3. Pastos enmalezados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)
PAT-26	0,000003	Picaleña (sector rural)	IBAGUÉ	2.3.3. Pastos enmalezados	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Pastoreo extensivo (PEX)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).



**Figura 3.117. Localización Patios de Acopio Temporal del Parque Solar**  
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).



#### 3.2.4.4 Infraestructura y servicios interceptados por el Proyecto

---

La infraestructura y servicios interceptados por el proyecto se presenta y describe en el numeral 3.2.1 y en el capítulo 12 Superposición de Proyectos, donde se especifica la coexistencia del Parque Solar y su Línea de Transmisión 230kV (junto con su bahía de conexión).

Cabe destacar que ningún servicio interceptado será necesario trasladar, reubicar o proteger, sin embargo, dentro de las áreas del Parque Solar, se encuentran infraestructuras abandonadas asociadas a la actividad económica que se realizaba en los predios correspondientes al cultivo de arroz, las cuales serán desmanteladas con la debida autorización del propietario de los predios arrendados para el desarrollo del proyecto (ver ANEXO C.16). Entre estas están casetas de vigilancias, bodegas de almacenamiento, pistas de aterrizaje de aeronaves para fumigación, entre otras, que a la actualidad se encuentran abandonadas, tal como se mencionó en el numeral 3.2.1.

#### 3.2.5 Insumos del Proyecto

---

En este epígrafe se relacionan los materiales e insumos necesarios para la implementación del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La , incluyendo el recurso humano.

En general, los insumos y materiales por utilizar para la ejecución del Proyecto serán obtenidos a través de terceros autorizados que cuenten con los permisos o licencias vigentes y aplicables, ubicados en zonas cercanas al Proyecto.

##### 3.2.5.1 Materiales de adecuación y construcción

---

Las actividades (obras civiles) como la remoción de la cobertura vegetal (descapote), la adecuación de caminos de acceso y vías internas, la construcción de obras de drenaje (en caso de ser necesario), la instalación de campamentos provisionales, entre otros, requerirán de los insumos que son presentados en la Tabla 3-112.

El material obtenido en los movimientos de tierra que cumpla con las características técnicas requeridas será utilizado como relleno para la adecuación de las vías internas y áreas para el montaje de paneles, así como para la readecuación vegetal de áreas intervenidas. El material pétreo de canteras que será implementado también como relleno en la construcción de algunas de las infraestructuras del Proyecto será comprado a empresas de los municipios cercanos al Proyecto, que ya cuenten con licencia ambiental para la extracción de este recurso (ANEXO C.14 y C.15).

Tabla 3-112. Estimaciones de volúmenes de movimientos de tierra, descapote, materiales de relleno y cemento.

Infraestructura	Área estimada (Ha)	Área estimada (m <sup>2</sup> )	Movimiento de tierra (m <sup>3</sup> )	Volumen descapote (m <sup>3</sup> )	Cemento (m <sup>3</sup> )	Relleno (m <sup>3</sup> )
Instalaciones conexas (permanentes)	0,13	1.300,00	-	650,00	325,00	650,00
Instalaciones conexas (temporales)	0,18	1.800,00	-	900,00	450,00	900,00
Corte y relleno para la nivelación del sitio	255,00	2.550.000,00	117.300,00	-	-	129.030,00
Descapote área de generación	255,00	2.550.000,00	-	879.750,00	-	
Hincados	0,648	6.483,02	12.966,03	-	-	12.966,03
Zanjas de cableado	3,44	34.404,92	31.308,47	-	-	28.177,63
Caminos internos (volumen a remover)	8,81	88.132,20	17.626,44	-	-	-
Caminos internos (volumen a importar)	8,81	88.132,20		-	-	26.439,66
Plancha de recolectores	0,30	3.000,00	6.000,00	-	1.500,00	6.000,00
Estaciones de media tensión	0,10	1.040,00	2.080,00	-	520,00	2.080,00
Subestación Elevadora	1,44	14.391,00	28.782,00	-	7.195,50	28.782,00
Línea de Transmisión y Bahía de Conexión	0,11	1.144,59	9.143,92	-	9.143,92	2.800

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Tal como se mencionó el material de construcción requerido para el Proyecto (Parque Solar y Línea de Transmisión) será comprado a terceros autorizados, los cuales se presentan a continuación en la Tabla 3-113 reportados por CORTOLIMA mediante respuesta 100.04.4.1 del 30 de septiembre de 2021.

Ibagué y Piedras (Tolima)

**Tabla 3-113. Empresas con permisos o licencias vigentes para suministro de material de construcción en jurisdicción de Cortolima (ver ANEXO C.14). Se resaltan en gris las ubicadas y activas en los municipios de Ibagué y Piedras, por su relación con el área de influencia del Proyecto.**

No.	Sector productivo	ESTADO	Resolución No.	Fecha Expedición	TIPO DE MATERIAL	CODIGO RMN	EXPEDIENTE	Expediente	Municipio	TIPO
1	Minería - Material de arrastre - JOSE OSCAR GIRALDO CESPEDES antes FRANCISCO DE PAULA HERNANDEZ DELGADO.	Seguimiento	4203	5/12/1995	Material de Arrastre	GFWN-02	0518-73	Exp. L100,	Alvarado	LICENCIA AMBIENTAL
2	Minería - Material de arrastre - CANO SANZ Y CIA S.C.A. Lic. Min. DJ7-141	Seguimiento	1146	6/10/2006	Material de Arrastre	DJ7-141	DJ7-141	Exp. L13564,	Alvarado	LICENCIA AMBIENTAL
3	Minero - Material de arrastre - ESGAMO LTDA. INGENIEROS CRONSTRUCTORES. - Lic. Min. 651-73.	Seguimiento	1758	25/12/2005	Material de Arrastre	GGOF-06	0651-73	Exp. L13622,	Alvarado	LICENCIA AMBIENTAL
4	Minero - materiales de construcción - Concesionaria Alternativas Viales. QJF-14801.	Seguimiento	2937	15/09/2016	Material de Arrastre	QJE-14081	QJE-14081	LAM-15118,	Alvarado	LICENCIA AMBIENTAL
5	Minero - Cantera - JOSE OSCAR GIRALDO CESPEDES.	Seguimiento	914	3/05/1996	Recebo - Cantera	GHCN-01	0622-73	Exp. L2174,	Alvarado	LICENCIA AMBIENTAL
6	Minero - materiales de construcción - JUAN CARLOS PADILLA	Seguimiento	1086	4/05/2015	Material de Arrastre	IF8-14331	IF8-14331	Exp. L14701,	Alvarado	LICENCIA AMBIENTAL

Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	Sector productivo	ESTADO	Resolución No.	Fecha Expedición	TIPO DE MATERIAL	CODIGO RMN	EXPEDIENTE	Expediente	Municipio	TIPO
	LOZANO. Lic. Min. IF8-14331.									
7	minero - materiales de construccion - HELDA MARINA GUZMAN	Seguimiento	3187	3/12/2013	Recebo - cantera	GDVE-01	0026-73	Exp. L14465,	Coello	LICENCIA AMBIENTAL
8	Minería - Canteras - CONCESIONARIA SAN RAFAEL S.A.	Seguimiento	1679	9/10/2008	Cantera	LIR-08031, IK9-14011	LIR-08031, IK9-14011	Exp. L14119,	Coello	LICENCIA AMBIENTAL
9	minero - materiales de construccion - LUZ MARINA RUBIANO - Lic. Min. GCBB-02	Seguimiento	788	23/07/2007	Material de Arrastre	GCBB-02	15934	Exp. L1645,	Coello	LICENCIA AMBIENTAL
10	Minero - material de arrastre - LUZ MARINA RUBIANO - TRITURADOS DEL TOLIMA LTDA.	Seguimiento	796	23/07/2007	Material de Arrastre	GCBB-02	15933	Exp. L184,	Coello	LICENCIA AMBIENTAL
11	Minero - Construcción de túneles - JOSE ALBERTO SANCHEZ MORALES	Suspendido	3530	8/10/2010	Material de Arrastre	IKR-08001	IKR-08001	Exp. I14434,	Coello	LICENCIA AMBIENTAL
12	Minero - Materiales de construcción - JUAN MANUEL GALVEZ CARDONA. Lic Min. GJ3-082.	Seguimiento	956	12/05/2014	Material de Arrastre	GJ3-082	GJ3-082	Exp. L14402,	Coello	LICENCIA AMBIENTAL
13	Minero - JUAN PABLO GARCIA PEÑALOZA - Lic. Min. FDN-111	Seguimiento	1392	26/11/2007	Cantera - recebo	FDN-111	FDN-111	Exp. L13931,	Coello	LICENCIA AMBIENTAL
14	Minería - Material de arrastre - GABRIEL	Seguimiento	120	14/02/2007	Material de Arrastre	GLQ-081	GLQ-081	Exp. L13784.	Coello - Espinal	LICENCIA AMBIENTAL

Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	Sector productivo	ESTADO	Resolución No.	Fecha Expedición	TIPO DE MATERIAL	CODIGO RMN	EXPEDIENTE	Expediente	Municipio	TIPO
	GIRON DIAZ - COMAMFER LTDA. Lic. Min. GLQ-081.									
15	minero - Conc. GLC-151- materiales de construccion - DIANA MARCELA QUIROGA VAQUIRO	Seguimiento	1742	7/07/2010	Material de Arrastre	GLC-151	GLC-151	Exp. 114315,	Coello - gualanday	LICENCIA AMBIENTAL
16	Minería - Material de arrastre - FRANKLIN PEREZ SAAVEDRA. Lic. Min. HJ-5-13591X	Seguimiento	1903	31/10/2008	Cantera - recebo	HJ5-13591X	HJ5-13591X	Exp. L14050,	Coello, Vda. Chagualá	LICENCIA AMBIENTAL
17	Minero - Material arrastre - PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.	Seguimiento	375	6/04/2006	Material de Arrastre	HCJE-04	0793-73	Exp. L12909,	Espinal	LICENCIA AMBIENTAL
18	Minero - Minería subterránea - PAVIMENTOS COLOMBIA S.A. - Conc. Min. FEH-081.	Seguimiento	500	14/05/2007	Material de Arrastre	FEH - 081	FEH - 081	Exp. L13681,	Espinal	LICENCIA AMBIENTAL
19	Minero - Material de arrastre - GOLIAT S.A. - PAVIMENTOS COLOMBIA.	Seguimiento	2745	11/07/2011	Material de Arrastre	DJI-021	59288	Exp. L14485,	Espinal	LICENCIA AMBIENTAL
20	Minero - Materiales de construcción - JOSE RAMON GARZON - Cto. Conce. GF2-151.	Seguimiento	1758	19/04/2011	Material de Arrastre	GF2-151	GF2-151	Exp. L13825,	Espinal	LICENCIA AMBIENTAL

Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	Sector productivo	ESTADO	Resolución No.	Fecha Expedición	TIPO DE MATERIAL	CODIGO RMN	EXPEDIENTE	Expediente	Municipio	TIPO
21	Minero - Material de arrastre - AMINTA CARDOSO DE ALCAZAR. Lic Min. No. 032-73.	Seguimiento	1029	12/05/2003	Material de Arrastre	GDWN-03	032 - 73	Exp. L1924,	Espinal	LICENCIA AMBIENTAL
22	Minero - Material de arrastre - OSCAR RAIMUNDO GONZALEZ Y ROSA HELENA. Lic. Min. 607-73	Seguimiento	1501	30/09/2002	Material de Arrastre	GGFN-01	0607 - 73	Exp. L193,	Espinal	LICENCIA AMBIENTAL
23	Minería - Materiales de construcción - SOCIEDAD CAYTO TRACTOR LTDA. Lic. Min. 781-73.	Seguimiento	2202	3/09/2013	Material de Arrastre	HCRK-03	0781-73	Exp. 114671,	Espinal	LICENCIA AMBIENTAL
24	Minero - Materiales de construcción - CARLOS JULIO BUITRAGO REYES. Lic. Min. 13368.	Seguimiento	866	17/08/2004	Material de Arrastre	FJQF-01	13368	Exp. L13407,	Espinal - Coello	LICENCIA AMBIENTAL
25	Minería - Explotación de arena a cielo abierto - HONORIO LOPEZ CHARRY. Lic. Min. 0382-73	Seguimiento	432	28/02/2003	Arena - Cantera	GFIB-02	0382-73	Exp. L2220,	Honda	LICENCIA AMBIENTAL
26	Minero - Materiales de construcción - CARLOS ARTURO GARCIA GUZMAN Y ALFONSO ALVAR. Conc. Min. KH5-14571.	Seguimiento	3196	16/12/2014	Material de Arrastre	KH5-14571	KH5-14571	Exp. L14655,	Honda	LICENCIA AMBIENTAL



Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	Sector productivo	ESTADO	Resolución No.	Fecha Expedición	TIPO DE MATERIAL	CODIGO RMN	EXPEDIENTE	Expediente	Municipio	TIPO
27	Minero - Cantera - DENNYS MAURICIO MEJIA RUIZ. Lic. Min. JAS-08401	Seguimiento	406	10/03/2015	Arena de peña - cantera	JAS-08401	JAS-08401	Exp. L14710,	Honda	LICENCIA AMBIENTAL
28	Minero - Minería superficial - extracción de arena - ENRIQUE RUEDA Y AMANDA CASTRO DE RUEDA. Lic. Min. 16857.	Seguimiento	4052	27/11/1995	Arena - Cantera	16857	16857	Exp. L2218,	Honda	LICENCIA AMBIENTAL
29	Minero - Materiales de construcción - Arcillasa - VICTOR MANUEL FLOREZ. Lic. Min. ICQ-8552.	Seguimiento	1970	12/08/2013	Arcilla - cantera	ICQ-08552	ICQ-08552	Exp. L14604,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
30	Minero - Minería subterránea - FANNY ESTELA LOZANO DE LOPEZ	Seguimiento	1876	11/08/2003	Recebo - cantera	BC3-141	BC3-141	Exp. L13172,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
31	Minero - Materiales de construcción - DANIEL ALBERTO TOJANCI. Lic Min. 0860-73	Seguimiento	2509	30/09/2003	Recebo - cantera	GHVK-01	0860-73	Exp. L13345,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
32	Minería - Material de arrastre GOLIAT S.A.	Seguimiento	1423	15/09/2008	Material de Arrastre	FF8-081	FF8-081	Exp. L13623,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
33	Minería - material de construcción. ALVARO RODRIGUEZ CAGUA	Seguimiento	699	27/06/2007	Material de Arrastre	EIJ-153	EIJ-153	Exp. L13824,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL

Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	Sector productivo	ESTADO	Resolución No.	Fecha Expedición	TIPO DE MATERIAL	CODIGO RMN	EXPEDIENTE	Expediente	Municipio	TIPO
34	Minero - Materiales de construcción - MARIA ESPERANZA CARVAJAL PARRA.	Suspendida	1757	19/04/2011	Material de Arrastre	EEN-081	EEN-081	Exp. L14014,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
35	minero - material de arrastre - LUIS ALBERTO CAICEDO PEREZ. Lic. Min. HGH-082.	Seguimiento	1013	11/03/2011	Material de Arrastre	HGH-082	HGH-082	Exp. L14430,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
36	Minero - Materiales de construcción - Lic. Min. EL1-161 - BENJAMIN ROCHA	Inactivo	641	23/06/2006	Cantera - Recebo	EL1-161	EL1-161	Exp. L13709,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
37	Minero - EXPLOTACIÓN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (L.M: 723-73) - CARLOS ALBERTO HOYOS MELO - el gallo	Seguimiento	1011	13/09/2004	Recebo - cantera	GHAJ-02	0723-73	Exp. L2050,	Ibagué	LICENCIA AMBIENTAL
38	Minero - EXPLOTAICON MINERA CONTRATO DE CONCESION HA3 - 102 - WILLIAMS RIPPE SIERRA	Seguimiento	1232	19/08/2008	Cantera - Arenas y gravas	HA3 - 102	HA3 - 102	Exp. L14006,	Mariquita	LICENCIA AMBIENTAL
39	Minero - CONCESIONARIA ALTERNATIVAS VIALES S.A.S - APP No. 08 DE 2015.	Seguimiento	2868	7/09/2016	Material de Arrastre	QJE-13471	QJE-13471	LAM-15110,	Mariquita	LICENCIA AMBIENTAL

Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	Sector productivo	ESTADO	Resolución No.	Fecha Expedición	TIPO DE MATERIAL	CODIGO RMN	EXPEDIENTE	Expediente	Municipio	TIPO
40	Minero - Canteras - SEBASTIAN RODRIGUEZ CUBIDES	Seguimiento	1755	19/04/2011	Recebo - cantera	975-73	975-73	Exp. L12480,	Piedras	LICENCIA AMBIENTAL
41	Minería - Materiales de construcción - ALBERTO HERRERA VIZCAYA- Lic. Min. HGV-15421.	Seguimiento	2093	25/08/2009	Recebo - Cantera	HGV-15421	HGV-15421	Exp. L14004,	Piedras	LICENCIA AMBIENTAL

Fuente: Cortolima (2021)

Fuente: CORTOLIMA (2021).

### 3.2.5.2 Material sobrante

---

El reparto del material excedente para la regularización de pendientes puede realizarse a ambos lados de las vías internas del parque, en las zonas adyacentes, sin que represente afección importante en el área del Proyecto y sin requerir su disposición en zonas reservadas de acopio. El material de excavación que cumpla con los requerimientos necesarios para utilizarse como material de relleno será reutilizado, de lo contrario será almacenado temporalmente en los patios de acopio temporal y entregados a terceros autorizados

Los residuos de manejo especial que se espera generar en el desarrollo del Proyecto serán de origen vegetal producto del desmonte, el cual será empleado en el mismo sitio como mejorador de suelo y en caso de exceder la cantidad requerida, será dispuesto o donado para que se incorpore la materia orgánica al suelo, previa autorización de la autoridad municipal.

A partir del balance de masa realizado de los materiales de excavación y de relleno se obtienen los volúmenes presentados anteriormente en la Tabla 3-112, donde todo el volumen de movimiento de tierra será utilizado para explanación, nivelación y relleno en el sitio, cuando sus condiciones técnicas lo permiten, a fin de no generar material sobrante de excavación, por tanto, los volúmenes máximos a generar de material sobrante serán los allí presentados (Tabla 3-112), pero que en su mayoría será reutilizado o de lo contrario tal como se mencionó será dispuestos a través de un tercero autorizado, los cuales se presentan en el numeral 3.2.6 y ANEXO C.14.

A partir de lo anterior, y teniendo en cuenta las características físicas del área de intervención y las obras y actividades comunes al Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, se considera que, para la ejecución del Proyecto NO se requiere la utilización de zonas de disposición de material sobrante de excavación (Zodmes). El material sobrante que, por sus características geotécnicas no pueda ser reutilizado en las mismas actividades del Proyecto, será entregado a terceros que cuenten con las licencias y/o permisos vigentes y aplicables para su disposición final en sitios autorizados (ANEXO C.14).

### 3.2.5.3 Requerimientos de agua

El agua que se piensa utilizar en las diferentes etapas del Proyecto también será comprada a un tercero autorizado, que cuente con los permisos y/o licencias vigentes y aplicables (ANEXO C.14), razón por la que el Proyecto NO requiere del trámite de concesión o captación de aguas superficiales o subterráneas. Para lo cual, mediante respuesta 100.04.4.1 CORTOLIMA reportó como proveedor de agua a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado IBAL.

#### 3.2.5.3.1 Fase de construcción

##### ➤ Agua potable

El suministro y reposición de agua potable para consumo humano será contratado a una empresa autorizada, que cuente con los permisos y/o licencias vigentes y aplicables (ANEXO C.14). la única empresa en Ibagué que puede suministrar servicios de agua en carrotaques corresponde es la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL S.A. E.S.P).

Se estima un consumo diario de aproximadamente 25 m<sup>3</sup>/día para el consumo de los empleados, según lo establecido en la Resolución 330 del 08 de junio de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, que adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), que define la dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar teniendo en cuenta la ubicación del proyecto, por encima de los 1000 m.s.n.m., la cual corresponde a 130 L/HAB\*DIA, (0,13m<sup>3</sup>/HAB\*DÍA), calculando el total de agua para consumo diario para un aproximado de 196 trabajadores (ver Tabla 3-114).

El agua para beber se entregará al personal en dispensadores de agua envasada y se estima un consumo de 3 L/día por operario. El agua restante se considera en otros usos como aseo general (127 L/día).

### ➤ **Agua para uso doméstico e industrial (agua para fines constructivos)**

Para la construcción del Proyecto se requiere del recurso hídrico para uso doméstico e industrial en una cantidad aproximada de 12.800 m<sup>3</sup>.

El uso doméstico se proyecta en la zona de campamento, instalaciones permanentes y temporales proyectadas; el uso industrial está asociado a la preparación de concretos, adecuación y construcción de vías internas y demás elementos necesarios en los procedimientos constructivos de las instalaciones temporales y permanentes, así como también para el mantenimiento de instalaciones y equipos (limpieza de paneles) y humectación de zonas de trabajo y/o de vías internas, en caso de que se requiera.

El agua requerida será obtenida a través de un tercero autorizado, es decir, por una empresa que cuente con todos los permisos ambientales y legales vigentes para proveer el servicio de comercialización y distribución de agua. Según la información proveída por Cortolima (ANEXO C.14), la única empresa en Ibagué que puede suministrar servicios de agua en carrotanques corresponde es la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL S.A. E.S.P).

Para el hincado de pilotes, no se requiere el uso de agua mientras se haga hincado directo; sí se podría requerir uso de agua industrial dependiendo de la cantidad de hincado con pretaladrado o con concreto que sea necesario.

#### 3.2.5.3.2 Fase de operación

### ➤ **Agua potable**

El suministro y reposición de agua potable para consumo humano será contratado a una empresa autorizada, que cuente con los permisos y/o licencias vigentes y aplicables (ANEXO C.14). Según la información proveída por Cortolima, la única empresa en Ibagué

que puede suministrar servicios de agua en carrotaques corresponde es la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL S.A. E.S.P).

Se estima un consumo diario aproximado de 5,2 m<sup>3</sup>/día para el consumo de los empleados que estarán con mayor frecuencia in situ (i.e. aprox. 40 ver Tabla 3-115); debido a que algunos se vinculan al Proyecto de manera periódica; como son los operarios de mantenimiento, entre otros. El valor calculado según lo indicado en el RAS del 2017 mencionado con anterioridad a través de la tasa de consumo diario de 0,13 m<sup>3</sup>/Hab\*día.

El agua para beber se entregará al personal en dispensadores de agua envasada y se estima un consumo de 3 L/día por operario. El agua restante se considera en otros usos como aseo general (127 L/día).

#### ➤ **Agua para uso doméstico e industrial**

El uso doméstico se proyecta en la zona de instalaciones permanentes proyectadas, y el uso industrial está asociado al mantenimiento de instalaciones y equipos (limpieza de paneles) y humectación de zonas de trabajo y/o de vías internas, en caso de que se requiera. Se estima obtener aproximadamente 642 m<sup>3</sup> de agua por día, la cual será proveída por una empresa autorizada (ANEXO C.14; IBAL S.A. E.S.P), por medio de camiones pipa de entre 20 y 80m<sup>3</sup> de capacidad.

La limpieza de los módulos se realizará por medio de camiones cisterna diseñados específicamente para esta tarea. Se estima que se usará un volumen de 5000 m<sup>3</sup> al año para limpieza de los módulos. Esta agua se contratará con un servicio local o será traída del acueducto local, que cuente con los permisos y/o licencias vigentes y aplicables Según la información proveída por Cortolima (ANEXO C; IBAL S.A. E.S.P), la única empresa en Ibagué que puede suministrar servicios de agua en carrotaques corresponde es la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL S.A. E.S.P).

El agua residual del lavado de los paneles es agua mezclada con restos de polvo, por lo que su caracterización es semejante a la que se genera con agua de lluvia sobre cualquier superficie que se encuentre expuesta a las partículas en suspensión y que se van depositando en el tiempo. Es por ello, por lo que, esta agua no se considera como agua residual y no necesita tratamiento, pues no contiene contaminantes que puedan afectar la calidad del suelo o aguas subterráneas.

#### 3.2.5.4 Energía Eléctrica

---

En general, no existe infraestructura eléctrica en el sitio del Proyecto que suministre energía suficiente, por lo que para la construcción de este se ocuparán generadores de gasolina o diésel para satisfacer la demanda energética, mientras que la energía eléctrica requerida para satisfacer las necesidades del Proyecto en la etapa de operación será abastecida mediante la generación, transmisión y transformación del mismo Proyecto.

La edificación ubicada en las Coordenadas X: 4768158,9; Y: 2045676,2; la cual se encuentra dentro del predio El Reposo (objeto de arrendamiento; ver contratos en ANEXO C.16), posiblemente será utilizada como centro de operaciones en etapas iniciales del Proyecto (construcción) y podría suministrar parcialmente el servicio de energía eléctrica.

El consumo eléctrico para el funcionamiento de las instalaciones de la planta fotovoltaica en etapa de operación será de aproximadamente 3700 MWh/año.

#### 3.2.5.5 Combustibles

---

El combustible (gasolina o diésel) para los generadores eléctricos será adquirido en las estaciones de servicio más cercanas al Proyecto y se almacenará en recipientes de 200 litros de capacidad, de preferencia, se optará por no mantener almacenado combustible en los sitios de la obra, para evitar al máximo posibles derrames y/o accidentes. Se



dispondrá en un tanque que contará con las respectivas características de seguridad requeridas (ventilación, localización, manejo).

En la fase de operación, eventualmente podría requerirse gasolina y/o diésel (38 Litros) para el generador de emergencia de la planta fotovoltaica en caso de fallas.

### 3.2.5.6 Otros insumos para la operación y mantenimiento del equipo

---

El principal insumo para la operación del sistema son los aceites lubricantes de aceite vegetal o mineral para los transformadores. Se requerirá de aproximadamente de 200 Litros para las estaciones de media tensión y cajas colectoras y 4000 Litros para la subestación elevadora. Su limpieza y cambio tiene una periodicidad de una vez cada dos años. Los demás insumos utilizados, son menores y eventuales, y serán materiales y/o repuestos que serán requeridos por personal de mantenimiento. Todos estos lubricantes se mantendrán en un espacio que será emplazado en un contenedor hermético.

Se requerirá pintura epóxica (aproximadamente 7,5 Litros) y posiblemente pintura en aerosol.

El transformador requiere del uso de nitrógeno y gas SF6.

### 3.2.5.7 Recurso humano

---

Para las etapas de adecuación y construcción se tiene estimado vincular el siguiente recurso humano:

- ✓ **Etapas de adecuación y construcción: 196 personas aproximadamente.**
- ✓ **Etapas de operación: 40 personas aproximadamente.**
- ✓ **Etapas de desmantelamiento: 80 personas aproximadamente.**

A continuación, en las tablas **Tabla 3-114** y **Tabla 3-115** se presenta los requerimientos de personal para las diferentes etapas:

Ibagué y Piedras (Tolima)

**Tabla 3-114 Estimativos de Mano de obra para el Proyecto en etapa Constructiva.**

PERSONAL		CANTIDAD
Calificado	Gerente de Proyecto	1
	Coordinador de Obra Civil	1
	Coordinador Eléctrico	1
	Coordinador de Compras y Logística	1
	Supervisor de Obra Civil	1
	Supervisor Eléctrico	1
	Supervisor Logístico	1
	Supervisor Mecánico	1
	Coordinador Medioambiental, Social, Seguridad y Calidad	1
	Supervisor medioambiente y social en campo	1
	Supervisor seguridad en campo	1
	Supervisor calidad en campo	1
	Técnico medioambiente	1
	Técnico seguridad	1
	Interventor o Supervisor HSE	1
	Topógrafo	2
	Recursos Humanos	1
	Administrativo	1
	Calidad	1
	Oficiales de obra civil	9
	Oficiales eléctricos	5
	Guarda de seguridad	4
	Conductor vehículo liviano	4
Conductor de volqueta	4	
Operario de maquinaria pesada (retroexcavadora buldócer, moto niveladora mezcladora de concreto, cargador y vibro compactador)	4	
<b>SUBTOTAL</b>		50
No calificado	Auxiliar de limpieza	6
	Ayudantes	140
<b>SUBTOTAL</b>		146
<b>TOTAL</b>		196

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

**Tabla 3-115 Estimativos de Mano de obra para el Proyecto en etapa operativa.**

PERSONAL	CANTIDAD
Director O&M y Gestión de Proyectos	1
Jefe de Operación y Mantenimiento	1
Jefe de Gestión de Activos	1
Soporte en Campo Medio Ambiental	1
Medioambiente y Social	1
Legal	1
Suministro y Servicios de Terceros	1
Finanzas	1
Despacho y Proceso Regulatorio	2
Monitorización	2
Operación Remota	2
Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo	1
Operador Móvil	3
Operarios de mantenimiento periódico	16
Seguridad	6
Auxiliar de limpieza	2
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El personal para la etapa de desmantelamiento (80 personas aproximadamente) en su mayoría corresponde a mano de obra no calificada, que podrá tener alguna variación al momento efectivo de ejecución.

### 3.2.6 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición

A continuación (Tabla 3-116). se relaciona el volumen estimado del material de excavación almacenado temporalmente, reincorporado y a disponer mediante terceros autorizados:

**Tabla 3-116. Estimaciones de volúmenes de materiales a reincorporar en las obras y a disponer como RCD\*.**

Infraestructura	Movimiento de tierra (m <sup>3</sup> )	Volumen descapote (m <sup>3</sup> )	Material a Reincorporar (m <sup>3</sup> )	Material a Disponer RCD* (m <sup>3</sup> )
Instalaciones conexas (permanentes)	-	650,00	650,00	
Instalaciones conexas (temporales)	-	900,00	900,00	
Corte y relleno para la nivelación del sitio	117.300,00	-	117.300,00	
Descapote área de generación	-	879.750,00		879.750,00
Hincados	12.966,03	-	12.966,03	
Zanjas de cableado	31.308,47	-	28.177,63	3.130,84
Caminos internos (volumen a remover)	17.626,44	-		17.626,44
Plancha de recolectores	6.000,00	-	6.000,00	
Estaciones de media tensión	2.080,00	-	2.080,00	
Subestación Elevadora	28.782,00	-	28.782,00	
Línea de Transmisión y Bahía de Conexión	9.143,92	-	2.800	6.343,92
<b>TOTAL</b>			<b>199.005,66</b>	<b>900.6851,2</b>

\*RCD: Residuos de Construcción y Demolición

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El material de descapote sobrante será almacenado temporalmente dentro del área destinada a Patios de Acopio Temporal (ver Figura 3.117) o Instalaciones Temporales (ver Figura 3.116). Estos materiales se ubicarán de manera independiente, y serán señalizados y delimitados para asegurar su adecuado manejo del material almacenado para posteriormente ser entregados a terceros autorizados.

En cuanto a la construcción de vías de acceso, zanjas, Línea de Transmisión y bahía de conexión, el material de excavación se ubicará de manera temporal al lado de las vías mientras se construyen y en caso de cumplir con las condiciones técnicas se reincorpora sobre las mismas vías, o de lo contrario se almacenará de manera temporal en los mismos sitios mencionados anteriormente, patios de acopio temporal o instalaciones temporales, para posteriormente ser entregados a terceros autorizados.

Estas áreas de almacenamiento temporal para materiales sobrantes o RCD, serán señalizadas y delimitadas, y el material acopiado será debidamente cubierto con plásticos o lonas, para evitar re-suspensión de material particulado por acción del viento y arrastre de material por acción del agua de lluvia. Este cubrimiento debe estar debidamente asegurado, para así evitar la desprotección del material.

Es importante mencionar que el material sobrante de excavación extraído y que se reincorporará, será ubicado temporalmente de forma paralela a los sitios donde se va a reutilizar el material. El material que debe ser acopiado por un periodo extenso, para la reconformación de áreas una vez termine la fase de construcción, deberá ser ubicado en las áreas destinadas para tal fin en los Patios de Acopio Temporal o en las Instalaciones Temporales.

Para el manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición, se dará cumplimiento a lo previsto en la Resolución 472 del 28 de febrero de 2017, Resolución 1227 del 23 de noviembre de 2017 y demás normatividad relacionada, vigente y aplicable.

El manejo integral de los residuos está compuesto por todas las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social. En este contexto, se

identificarán los residuos que habrán de generarse en las diferentes etapas del Proyecto y se describirá detalladamente su manejo y disposición, considerando al menos lo siguiente: tipo de residuos (sólido o líquido, orgánico o inorgánico, reciclable o no reciclable, peligroso o no peligrosos) y emisiones a la atmósfera (gases, partículas y ruido).

*Residuos:* Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

También se tiene en cuenta como residuos, aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido, o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la Resolución 472 del 28 de febrero de 2017, Resolución 1227 del 23 de noviembre de 2017 y demás normatividad relacionada, vigente y aplicable.

Los residuos de manejo especial que se espera generar en el desarrollo del Proyecto serán de origen vegetal producto del desmonte, el cual será empleado en el mismo sitio como mejorador de suelo y en caso de exceder la cantidad requerida, será dispuesto o donado para que se incorpore la materia orgánica al suelo, previa autorización de la autoridad municipal.

Teniendo en cuenta las características físicas del área de intervención y las obras y actividades comunes del Proyecto Shangri-La, se considera que, para la ejecución del Proyecto no se requiere la utilización de zonas de disposición de material sobrante de excavación (Zodmes). El material sobrante que, por sus características geotécnicas no pueda ser reutilizado en las mismas actividades del Proyecto, será entregado a terceros que cuenten con las licencias y/o permisos vigentes y aplicables para su disposición final en sitios autorizados, los cuales para el municipio Ibagué fueron reportados por CORTOLIMA mediante respuesta 100.04.4.1 (ANEXO C.14), mostrados seguidamente en la Tabla 3-117.

**Tabla 3-117 Escombreras Autorizadas Reportadas por CORTOLIMA.**

EXPEDIENTE	BENEFICIARIO	Resol. No.	Fecha	Municipio
14041	CARMEN LASERNA PHILLIS	877	18/06/2008	Ibaguè
14486	IBAGUE LIMPIA	4062	11/11/2010	Ibaguè
14844	IBAGUE LIMPIA	1140	30/05/2014	Ibaguè
14853	JACINTO TORRES	2072	5/09/2014	Ibaguè
14847	KARINA ZAMORA	301	24/02/2015	Ibaguè
15083	REYCHA S.A.S.	1331	6/04/2017	Ibaguè
15368	Agropecuaria la Ceiba	1499	3/05/2019	Ibaguè

Fuente: CORTOLIMA (2021).

### 3.2.7 Residuos peligrosos y no peligrosos

#### 3.2.7.1 Preparación del sitio, construcción y operación

En cuanto a la generación de residuos en esta etapa del Proyecto se considera que, para los residuos clasificados como no peligrosos, como son los residuos de vegetación de poda y aprovechamiento forestal, restos de comida generada por los trabajadores, entre otros se tendrá un manejo de acuerdo con lo establecido por la legislación nacional vigente y aplicable.

Dentro del manejo integral se considerarán principalmente las medidas encaminadas a la separación de los residuos y a la generación mínima de estos, sobre todo de los residuos peligrosos. Dentro del área del Proyecto se ubicarán elementos de contención y acopio temporal, adecuados para la separación de cada tipo de residuo.

El Proyecto contempla un Programa de Manejo Integral de Residuos, en donde se puntualiza el manejo de cada tipo de residuos generado, como se describe en los siguientes incisos.

Los residuos sólidos y peligrosos para el desarrollo del proyecto serán los provenientes de las etapas constructiva, operativa, desmantelamiento y abandono; en la Tabla 3-118 se encuentra el código de colores utilizados, de acuerdo con la Resolución No. 2184 de 2019.

Tabla 3-118 Clasificación de colores para almacenamiento temporal de residuos

ACOPIO	DESCRIPCIÓN
	<p><b>RECIPIENTE VERDE</b></p> <p><b>RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES:</b></p> <p>Residuos de comida, desechos agrícolas, material vegetal proveniente de labores de tala y poda, limpias de jardinería.</p> <p><b>TRATAMIENTO FINAL:</b> Los residuos sólidos biodegradables u orgánicos generados, serán entregados para su disposición final en el relleno sanitario de los municipios cercanos, previa verificación de que cuenten con las licencias ambientales vigentes.</p> <p><b>ALTERNATIVAS DE MANEJO Y TRATAMIENTO:</b></p> <p>Se realizará la recolección interna de acuerdo con las frecuencias planificadas y se llevarán a la zona de acopio de materiales no peligrosos. La recolección y transporte externo se realizará a través de la empresa de servicio público de aseo hasta el relleno sanitario en donde se dispongan este tipo de residuos.</p>
	<p><b>RECIPIENTE BLANCO</b></p> <p><b>RESIDUOS APROVECHABLES</b></p> <p><b>Domésticos:</b> Papel, cartón, plástico, envases de vidrio (botellas, frascos), latas y chatarra no contaminada con sustancias peligrosas). Papel de archivo (impresos y/o escritos en general), cajas de cartón, periódicos, plástico.</p> <p><b>Industriales:</b> Los principales que se generarán periódicamente producto del desmontaje de los equipos, como cartones de embalaje, restos de madera y de materiales de construcción, y residuos metálicos inertes. Papel, cartón, baterías, pilas, cables, cartuchos de impresora, aceites usados y sus</p>



ACOPIO	DESCRIPCIÓN
	<p>contenedores, empaques / envases de químicos, RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), empaques presurizados.</p> <p><b>TRATAMIENTO FINAL:</b></p> <p><b>Domésticos:</b> Serán entregados a asociaciones de recicladores de la región o en su defecto a empresas que cuenten con los permisos respectivos para su aprovechamiento.</p> <p>También se puede aplicar el principio de Reutilización, considerando alternativas de reciclaje o reúso durante las actividades de las etapas constructiva y operativa del proyecto.</p> <p><b>Industriales:</b> El resto de los residuos que no sean empleados serán almacenados y posteriormente entregados a fundaciones, cooperativas o empresas recicladoras para que realicen el aprovechamiento de estos residuos.</p> <p><b>ALTERNATIVAS DE MANEJO Y TRATAMIENTO</b></p> <p><b>Domésticos:</b> Se almacenarán de manera independiente en recipientes semanalmente en el punto de generación y semanalmente serán llevados a la zona de acopio temporal. Se efectuará la segregación en el origen de distintos tipos de residuos no peligrosos reciclables en contenedores para vidrios, plásticos, metales, etc. Esto incorporará la práctica de un manejo cuidadoso de los residuos de parte del personal de la obra y facilitará el trabajo de segregación en la zona de acopio temporal de residuos.</p> <p><b>Industriales:</b> Su clasificación se realizará en la fuente y serán almacenados en recipientes identificados con su contenido, según el código de colores descrito anteriormente.</p> <p>Hasta donde las características de los materiales lo permitan, se almacenarán y se reutilizarán.</p>

ACOPIO	DESCRIPCIÓN
 <p><b>RESIDUOS NO APROVECHABLES</b> Papel higiénico Servilletas Papeles y cartones contaminados con comida Papeles metalizados</p>	<p><b>RECIPIENTE NEGRO<sup>1</sup></b> <b>RESIDUOS NO APROVECHABLES</b></p> <p>Papel higiénico, papeles y cartones contaminados con comida, papeles metalizados, poliestireno expandido (icopor®).</p> <p>Los tapabocas y guantes deben ir separados en doble bolsa de color negra que no debe ser abierta por el personal que realiza el reciclaje de oficio. Resolución 666 2020, numeral 3.6.</p> <p><b>TRATAMIENTO FINAL:</b> Serán entregados para su disposición final en el relleno sanitario de los municipios cercanos, previa verificación de que cuenten con las licencias ambientales vigentes.</p> <p><b>ALTERNATIVAS DE MANEJO Y TRATAMIENTO</b></p> <p>El manejo ambiental para la disposición de los residuos sólidos generados en la etapa constructiva se realizará mediante la selección y recolección de los residuos en los puntos de generación y se transportarán semanalmente (excepto los residuos de las baterías sanitarias móviles o fijas) a la zona de acopio temporal, para posteriormente transportarlos al relleno sanitario.</p>
	<p><b>RECIPIENTE ROJO</b> <b>RESIDUOS PELIGROSOS</b></p> <p><b>Peligrosos:</b> Los principales residuos industriales peligrosos corresponderán a envases y materiales con restos de lubricantes, aceites y grasas, baterías, tierra contaminada con hidrocarburos, empaques de productos químicos, residuos de pinturas, lacas, barnices, EPP'S impregnados de hidrocarburos o productos químicos.</p> <p>Lodos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas.</p> <p><b>TRATAMIENTO FINAL:</b> Serán almacenados y rotulados para su evacuación y se entregarán a empresas que cuenten con autorización para su utilización, aprovechamiento o reutilización. Dentro de las alternativas de aprovechamiento se contemplará la entrega a proveedores en el marco de programas postconsumo y logística inversa. Los aceites usados serán</p>

ACOPIO	DESCRIPCIÓN
	<p>almacenados en recipientes rotulados y con tapa hermética, y serán entregados al gestor para su aprovechamiento o refinación.</p> <p>Los residuos peligrosos que en definitiva no se puedan aprovechar, serán entregados a empresas autorizadas para el manejo y disposición final.</p> <p>La generación de estos residuos es mínima, serán tratados o dispuestos por una empresa que cuente con los permisos ambientales vigentes.</p> <p><b>ALTERNATIVAS DE MANEJO Y TRATAMIENTO</b></p> <p>Clasificación, recolección y almacenamiento en canecas o recipientes siguiendo procedimientos de documentación y rotulado, dependiendo su volumen son almacenados en canecas, lonas, bolsas rojas o contenedores, y disposición final de forma segura.</p> <p>En la medida de lo posible, se intentará limitar la generación de estos residuos, capacitando al personal y dando concientización sobre las 3R's, enfatizando en la Reducción de residuos.</p>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

En el Parque Solar se contará con un punto ecológico en el que se ubicarán las canecas con tapa, según lo establecido; durante la ejecución del proyecto este código de colores podrá ser objeto de modificación, siempre y cuando se mantengan las categorías mencionadas anteriormente.

Los residuos ordinarios no reciclables serán entregados a terceros autorizados, para disposición de sitio de disposición final autorizado. Los materiales reciclables serán entregados a cooperativas de recicladores en el área de influencia. Con respecto a los residuos especiales y/o peligrosos serán entregados a empresas autorizadas para el transporte, tratamiento y disposición final. En relación con el manejo de escombros, estos serán transportados hasta una escombrera municipal autorizada (ver Tabla 3-117).

#### 3.2.7.1.1 Residuos Sólidos

Este tipo de residuos son los generados en actividades cotidianas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; se pueden clasificar en:

- ✓ Residuos Orgánicos
- ✓ Residuos Inorgánicos

La cantidad de residuos generados será variable durante el desarrollo del Proyecto ya que, dependerá de la duración de las actividades y en consecuencia del personal presente en un momento determinado.

Para el manejo de residuos sólidos se instalarán contenedores metálicos o de plástico con tapa, diferenciados en color verde con rotulo "residuos orgánicos" y en color gris con rotulo "residuos inorgánicos". Estos contenedores estarán dispuestos en cada frente de trabajo conforme el avance de obra. Se habilitará un área para el acopio temporal de residuos hasta su recolección. Los residuos serán dispuestos en el relleno sanitario más cercano o disponible, a través de un prestador de servicios autorizado quien realizará recolecciones periódicas en el sitio.

Los residuos orgánicos generados del desmonte serán triturados para el mejoramiento de áreas. De no ser posible el aprovechamiento de este residuo en el predio del Proyecto, se optará por buscar otras áreas de terceros que cuenten con las licencias y/o permisos vigentes y aplicables.

#### 3.2.7.1.2 Residuos de manejo especial

Son generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos cotidianos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos:

- ✓ De construcción.
- ✓ Tecnológicos.
- ✓ De demolición.
- ✓ Otros.

Este tipo de residuos serán generados en mínima cantidad durante la etapa de construcción del Proyecto. Para su disposición serán separados, identificados y acopiados en un área adecuada. Se tratará de buscar la valorización de este tipo de residuos para su aprovechamiento en otras actividades productivas.

Los residuos sobrantes que no serán reutilizados serán almacenados temporalmente dentro de los Patios de Acopio Temporal (ver Figura III 107) o Instalaciones Temporales (ver Figura III 107). Estos materiales se ubicarán de manera independiente, y serán señalizados y delimitados para asegurar su adecuado manejo del material almacenado para posteriormente ser entregados a terceros autorizados.

#### 3.2.7.1.3 Módulos fotovoltaicos

Derivado de la construcción y operación del Proyecto, se prevé la restitución de aquellos módulos fotovoltaicos dañados. Los módulos que tengan que ser repuestos, serán enviados al proveedor para su reciclaje. Dada la ausencia de plantas de reciclaje de módulos fotovoltaicos en Colombia hoy en día, el proceso de reciclaje se podría realizar en plantas internacionales certificadas o en plantas nacionales certificadas para tratar con este tipo de residuo, entre otros. Para la actividad de transporte internacional, se trabajará con empresas que dispongan de los permisos requeridos, incluidos los permisos de movimientos transfronterizos sujetos al convenio de Basilea. La disposición de estos módulos dependerá de la disponibilidad de terceros autorizados en el momento de esta actividad.

La empresa subcontratada para la operación del parque, o el propio fabricante de módulos podrán ser contratados por el promovente para hacerse cargo de estos residuos de manera apropiada.

Aproximadamente el 80 % de un panel fotovoltaico está compuesto de vidrio, por lo que la industria de reciclaje de vidrio plano puede tratar este producto en sus actuales líneas de reciclaje, debido a la similitud en términos de morfología, estructura y

composición de los paneles fotovoltaicos con productos de vidrio plano. El proceso comprende tres etapas principales:

- Preparación: extraer el marco y la caja de conexión
- Trituración
- Procesamiento del vidrio plano en la línea de reciclaje

Los materiales obtenidos mediante este proceso son vidrio, metales ferrosos y no ferrosos, silicio y plásticos. El reciclaje de los materiales permite recuperar incluso las cajas de conexiones y los cables. El vidrio obtenido de los módulos se puede mezclar con vidrio reciclado normal, donde una parte se puede reintroducir en productos de fibra de vidrio o de aislamiento, y otra en productos de envases de vidrio. Los metales, el silicio y los plásticos, pueden utilizarse para la fabricación de materias primas nuevas.

La cantidad de módulos a reemplazar dependerá de las condiciones de operación del proyecto, por lo que es difícil estimar la cantidad de módulos a ser reemplazados anualmente.

#### 3.2.7.1.4 Residuos peligrosos

Son aquellos que poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece la ley.

Durante el desarrollo del proyecto la generación de residuos consistirá principalmente en:

- Aceites gastados de maquinaria utilizada
- Filtros y reparaciones mecánicas provenientes del mantenimiento de la maquinaria

- Estopas impregnadas de aceite y solventes
- Restos de pintura
- Restos de soldadura
- Restos de material eléctrico.

En caso de generarse residuos peligrosos, principalmente por derrames accidentales de combustibles, durante la preparación del sitio y construcción, se habilitará un almacén temporal de residuos peligrosos que tendrá las características básicas requeridas en la legislación nacional.

Este sitio de almacenamiento temporal cumplirá con lo establecido por la ley, en los siguientes aspectos:

- Se localizará dentro del cierre perimetral del Proyecto, el cual impedirá el libre acceso de personas y animales;
- Estará techado y protegido de condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y radiación solar;
- Para residuos líquidos, tendrá un sistema colector de eventuales derrames, con una capacidad de retención no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad, ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados;
- Contará con señalización de acuerdo con la norma vigente y aplicable.
- La bodega tendrá vías de escape accesibles, en caso de emergencia y contarán con extintores de incendios cuyo tipo, potencial de extinción y capacidad en kilos, se definirá según los materiales combustibles o inflamables que existan. El número total de extintores, su ubicación y señalización dependerá de la superficie total a proteger y se realizará de acuerdo con lo establecido en la norma vigente y aplicable;
- Estarán señalizados con letreros, en los que se indicará que corresponde a un espacio de acopio temporal de residuos peligrosos.

Todos los residuos peligrosos serán manejados mediante un tercero autorizado, que cuente con las licencias y/o permisos vigentes y aplicables para su manejo y disposición final.

➤ **Almacén temporal de residuos peligrosos**

Es el periodo de tiempo transcurrido entre la generación del residuo, hasta su entrega a un gestor autorizado, que cuente con las licencias y/o permisos vigentes y aplicables.

El almacenamiento temporal se debe hacer de forma que no dé lugar a situaciones de riesgo para las personas y para el medio ambiente. A continuación, se expone un resumen de las condiciones a cumplir:

- Las zonas de almacenamiento deberán asegurar las siguientes condiciones: correcta ventilación, estar alejadas de fuentes generadoras de calor o circuitos eléctricos, estar convenientemente identificadas e impermeabilizadas.
- Los envases usados, y sus cierres, estarán diseñados de forma que se evite cualquier pérdida de contenido y construidos con materiales no susceptibles de ser atacados por el contenido. Serán sólidos y resistentes para responder con seguridad a las manipulaciones necesarias y se mantendrán en buenas condiciones, sin defectos estructurales y sin fugas aparentes. En el caso de residuos líquidos, no podrán usarse envases que carezcan de tapón o tapa, o el cierre esté en mal estado.
- Es aconsejable que para los residuos líquidos las bocas de los contenedores no tengan diámetro grande, para evitar en caso de caída y que el contenido del recipiente se vierta de inmediato. Además, deben estar dentro de elementos de retención para posibles derrames accidentales.
- Los residuos que puedan contaminar el suelo no deberán almacenarse directamente sobre él, sino que habrá que situarlos dentro de un elemento de protección.
- El envasado y almacenamiento de los residuos tóxicos y peligrosos se hará de forma que se evite generación de calor, explosiones, igniciones, formación de sustancias tóxicas o cualquier efecto que aumente su peligrosidad o dificulte su gestión.



- Los recipientes o envases que contengan residuos tóxicos o peligrosos deberán estar etiquetados de forma clara, legible e indeleble.

### ➤ **Emisión a la atmósfera y ruido**

Debido a las características de las obras y actividades del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, este No requiere permiso de emisiones atmosféricas en tanto que, ninguna de las actividades a ejecutar por éste en las fases de construcción y operación, cumple con lo establecido en el Artículo 2.2.5.1.7.2 de la Sección 7. "Permisos de emisión para fuentes fijas" del Decreto 1076 de 2015, "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible", ni con lo consagrado en la Resolución 619 de 1997 "Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas" y sus normas complementarias.

Para controlar la contaminación por material particulado y ruido se utilizará maquinaria que cumpla con los tiempos de afinación y mantenimiento como se establece en la normatividad. Se solicitará a los contratistas responsables de la maquinaria el cumplimiento en el mantenimiento de sus unidades.

En la etapa de operación sólo se requerirán vehículos (fuentes móviles) para transporte de personal para el mantenimiento ocasional de los equipos. No se prevén fuentes de generación de ruido significativas.

#### 3.2.7.1.5 **Volúmenes de Residuos**

A continuación, se presenta la estimación de los volúmenes de residuos peligrosos y no peligrosos a generarse en el desarrollo del proyecto.

**Tabla 3-119. Estimación de volúmenes de residuos peligrosos y no peligrosos a generarse en el desarrollo del proyecto.**

Residuo	Tipo	Cantidad
Residuos Sólidos Urbanos	-	68.994,9 kg
Residuos de Manejo Especial	Madera	1.050.375,0 kg
	Cartón	314.700,0 kg
	Plástico	60.800,0 kg
	Chatarra (metal)	240.350,0 kg
	Aluminio	108.500,0 kg
	Escombros (residuo de concreto)	334.000,0 kg
Residuos Peligrosos	-	10.900,0 kg
<b>TOTAL</b>		<b>2.188.619,9kg</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

Los residuos sólidos urbanos se refieren a los residuos sólidos domésticos generados por los trabajadores, y se desagrega esa cantidad en:

- 30% - Excrementos
- 25% - Restos de Alimentos
- 15% - Papel
- 15% - Aseos Personales
- 15% - Otros

Por lo tanto, se presenta en la Tabla 3-120 las cantidades máximas estimadas por tipo de residuos a generar en el proyecto:

**Tabla 3-120 Cantidad de residuos sólidos urbanos generado por los trabajadores**

Estimativa de cantidades de residuos urbanos	Cantidad de Residuos Sólidos (Kg)
<b>Excrementos</b>	20698,47
<b>Residuos Alimenticios</b>	17248,73
<b>Papel</b>	10349,24
<b>Aseo Personal</b>	10349,24
<b>Otros</b>	10349,24
<b>Cantidad de Residuos No Peligrosos Totales</b>	<b>68.994,9</b>

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

El manejo de residuos peligrosos y no peligrosos se realizará de acuerdo con lo establecido en la Ley 1252 de 2008 y en la Sección 1, Capítulo 1, Título 6, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, al igual que se tendrán en cuenta las consideraciones contempladas en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS del municipio de Ibagué (Anexo C.16e y **Tabla 3-122**). La disposición final de los residuos se hará a los siguientes gestores autorizados para darle el debido manejo (**Tabla 3-121**).

**Tabla 3-121. Gestores autorizados para el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos**

Expediente No.	Beneficiario	Resolución de Licencia	Fecha
<b>13439</b>	Interaseo S.A.	354	26/03/2004
<b>13766</b>	Municipio Armero	3281	1/12/2009
<b>14480</b>	Municipio Honda	2526	24/06/2011

Fuente: CORTOLIMA (2021).

Tabla 3-122 Tipos de generación de residuos, disposición temporal y final en el proyecto "Proyecto Fotovoltaico Shangri-La".

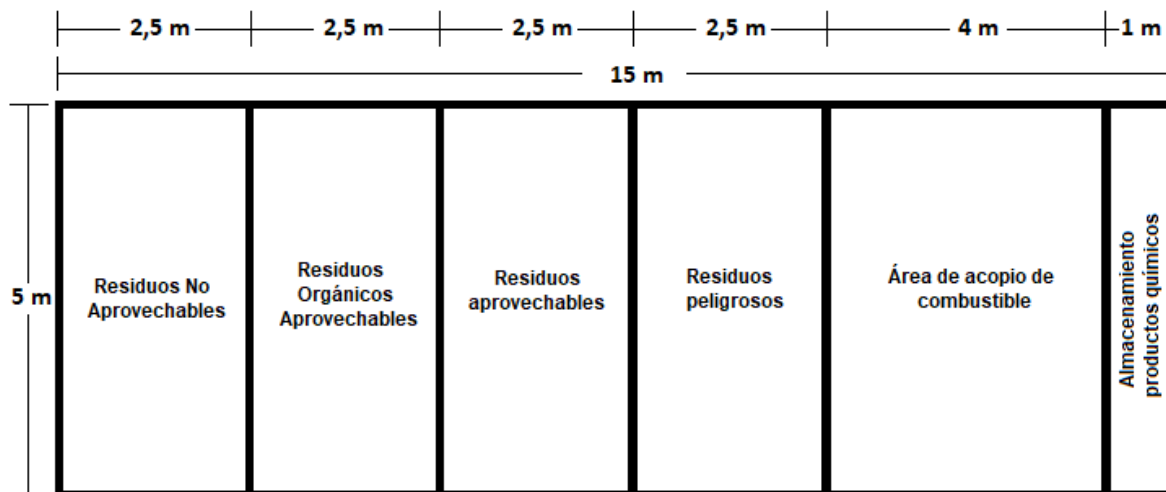
Nombre del Residuo	Tipo de Residuo	Disposición Temporal	Disposición Final
<b>Basura tipo doméstica</b>	No peligroso	Contenedores de 200 l. ubicados en el campamento provisional	De acuerdo con el <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué de 2018, la disposición final será en el <b>Relleño Sanitario Combeima</b> por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Restos de acero de refuerzo, alambón y alambre recocido</b>	No peligroso	Almacén en campamento provisional	De acuerdo con el <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018, la disposición final será en el <b>Relleño Sanitario Combeima</b> por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Madera para cimbra</b>	No peligroso	Almacén en campamento provisional	De acuerdo con el <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018, la disposición final será en el <b>Relleño Sanitario Combeima</b> por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Empaques de Cartón</b>	No peligroso	Almacén en campamento provisional	De acuerdo con el <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018, la disposición final se hará por medio de unidades económicas de reciclaje ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Empaques de madera</b>	No peligroso	Almacén en campamento provisional	De acuerdo con el <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018, la disposición final se hará por medio de unidades económicas de reciclaje ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Envases varios</b>	No peligroso	Almacén en campamento provisional	De acuerdo con el <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018, la disposición final se hará por medio de unidades económicas de reciclaje ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Restos de cable eléctrico</b>	No peligroso	Almacén en campamento provisional	De acuerdo con el <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018, la disposición final se hará por medio de unidades económicas de reciclaje ( <b>Tabla 3-121</b> ).

Nombre del Residuo	Tipo de Residuo	Disposición Temporal	Disposición Final
<b>Agua residual de baños portátiles</b>	No peligroso	Sanitarios portátiles dentro del predio del proyecto	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Aceites lubricantes</b>	Peligroso	Almacén de residuos peligrosos en campamento provisional	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Material impregnado con grasas y aceites</b>	Peligroso	Almacén de residuos peligrosos en campamento provisional	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Recipientes impregnados de pintura</b>	Peligroso	Almacén de residuos peligrosos en campamento provisional	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Colillas de soldadura</b>	Peligroso	Almacén de residuos peligrosos en campamento provisional	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de

Nombre del Residuo	Tipo de Residuo	Disposición Temporal	Disposición Final
			residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Aceites lubricantes</b>	Peligroso	Almacén de residuos peligrosos en Subestación	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Material impregnado con grasas y aceites</b>	Peligroso	Almacén de residuos peligrosos en Subestación	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).
<b>Solventes usados</b>	Peligroso	Almacén de residuos peligrosos en Subestación	Parámetros del <b>PGIRS</b> del municipio de Ibagué del 2018 que mencionan que para el manejo de residuos sólidos especiales se seguirán los programas existentes de recolección y disposición de residuos sólidos especiales (artículo 2 decreto 2981 de 2013), por medio de gestores autorizados ( <b>Tabla 3-121</b> ).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

A continuación, se presenta el esquema de distribución de áreas para cada tipo de almacenamiento de residuos y productos químicos a emplear en el proyecto.



**Figura 3.118. Distribución de áreas para almacenamiento de residuos**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

El área de almacenamiento de los residuos, estará delimitada por tipo de residuos de la siguiente manera Residuos no aprovechables (12,5 m<sup>2</sup>), Residuos orgánicos aprovechables (12,5 m<sup>2</sup>), Residuos aprovechables (12,5 m<sup>2</sup>) y REPEL (12,5 m<sup>2</sup>). Cada unidad de almacenamiento debe contar con buena señalización, estar protegida de la humedad y para la prevención de infiltración de lixiviados generados, cada área deberá estar impermeabilizada.

### 3.2.7.1.6 Aguas residuales

Debido a las características de las obras y actividades del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, este NO requiere de descargas o vertimientos a cuerpos hídricos o el suelo, que hagan necesario el trámite de un Permiso de Vertimientos, en ninguna de sus fases.

Derivado del uso de los baños portátiles que se contemplan para el Proyecto en sus diferentes etapas (construcción, operación, desmantelamiento y abandono), se generarán

aguas residuales de tipo doméstico, que serán recolectadas por un prestador de servicios sanitarios, quien contará con las autorizaciones, licencias y/o permisos de manejo y disposición final correspondientes; una opción de prestador de estos servicios es el siguiente:

Tabla 3-123 Proveedor de Baños Portátiles

Nombre	Departamento	Municipio	Dirección	Teléfono
Toli Baños Tolima	Tolima	Ibagué	Calle 35A #12-78	312 3805533

Fuente: <https://tolibanos.ueniweb.com> (2021).

Durante la etapa de operación se considera solamente las descargas sanitarias que serán almacenadas temporalmente en tanque colector tipo ROTOPLAST (ver Figura 3.119) para ser recolectadas y manejadas por un tercero autorizado, que cuente con las autorizaciones, licencias y/o permisos de manejo y disposición final correspondientes.

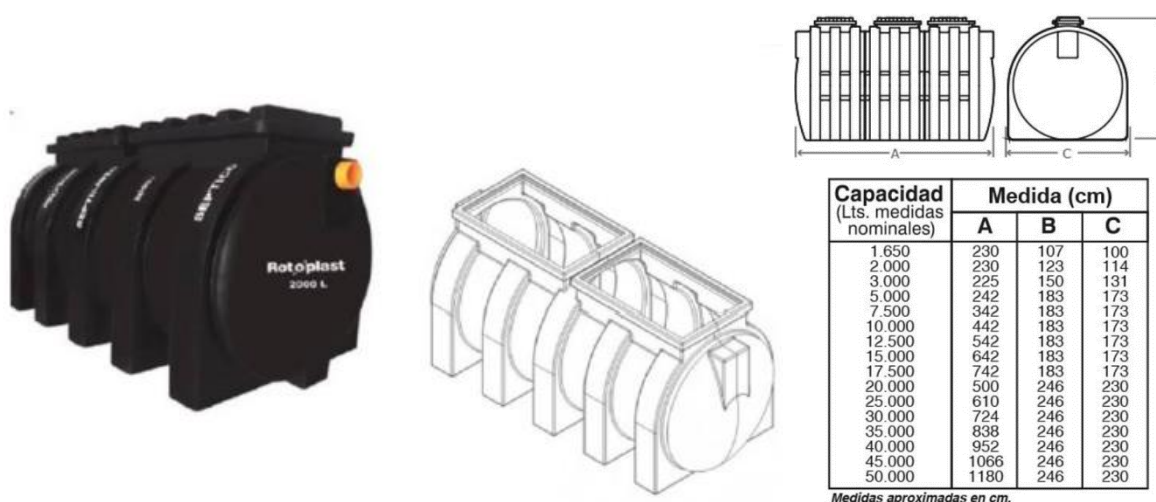


Figura 3.119. Tanques Tipo ROTOPLAST

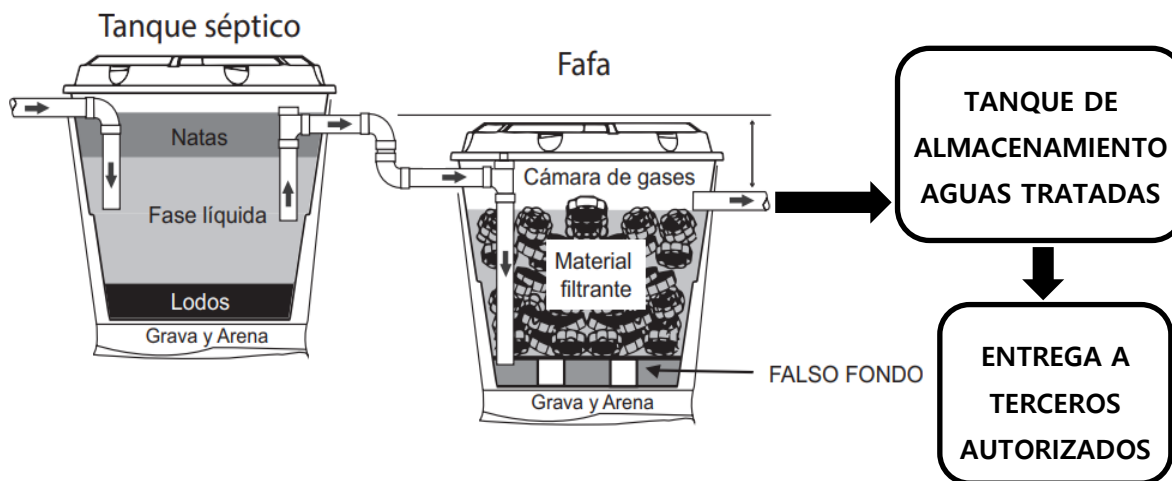
Fuente: Rotoplast, 2021.



Para la etapa operativa del proyecto, podrá contratarse una empresa tercera para el suministro de baños portátiles o de un sistema hidrosanitario integrado con un tratamiento primario de aguas residuales, mientras estas son almacenadas hasta la recolección del tercero autorizado. El diseño de este sistema podría ser del tipo Sistema séptico, filtro FAFA y tanque de almacenamiento.

En el diseño para la evacuación de aguas residuales, el dimensionamiento y determinación de pendientes de tuberías, se realizará de acuerdo con los caudales de evacuación estimados; para lo cual se podrá diseñar una red de desagüe que conste de cajas de registro en los edificios que aporten al sistema sanitario y un tanque prefabricado que cumpla las funciones de séptico y filtro tipo FAFA, que descarguen a la red de drenajes y el cual deberá cumplir con toda la normatividad para el manejo ambiental (PMA).

El filtro FAFA es un filtro anaerobio que consiste en un reactor biológico de lecho fijo con una o más cámaras de filtración en serie y conforme las aguas residuales atraviesan el filtro, las partículas son atrapadas y la materia orgánica es degradada por la biomasa activa adjunta a la superficie del material del filtro (TILLEY et al. 2018). A continuación, en la Figura 3.120 se puede observar un esquema general del proceso de tratamiento y manejo de aguas residuales domésticas en la etapa de operación.



**Figura 3.120. Sistema de Manejo y Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas FAFA – Etapa Operación**

Fuente: Rotoplast, 2020.

Es importante resaltar que las aguas tratadas en el sistema séptico y en el filtro FAFA se almacenarán de manera temporal (hasta por 30 días) en un tanque de almacenamiento tipo ROTOPLAST, para posteriormente **ser entregado a un tercero autorizado** para su disposición final, al igual se hará entrega de los lodos y las natas recolectadas en el sistema séptico. El tanque se diseñará estructuralmente teniendo en cuenta los requisitos para estructuras ambientales indicados en el capítulo C.23 del reglamento NSR-10. El sistema séptico será dimensionado para un grupo de 40 personas promedio.

A partir de lo mencionado es relevante precisar que el sistema séptico y de filtro FAFA es diseñado de manera cerrada y hermética, con el fin de evitar cualquier contacto o derrame de las aguas residuales, natas y lodos, en el suelo y/o subsuelo.

Las disposiciones aquí contempladas están ajustadas a la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 (Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias), Reglamento técnico del sector Agua Potable RAS-2017, que aplica a la construcción, instalación, modificación, reparación, reubicación, remplazo, adición, uso o mantenimiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias dentro del proyecto y a las especificaciones técnicas de los fabricantes del sistema séptico prefabricado.

Para la localización del tanque séptico y filtro FAFA, deben conservarse las siguientes distancias mínimas:

- 1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración.
- 3.00 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- 15.00 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

La evacuación de las aguas residuales en cada edificación será por gravedad. La pendiente mínima de los desagües será de 0.5%. La red de aguas residuales al interior del edificio de control y la caseta de vigilancia entregará a una caja de inspección antes de llegar al sistema séptico.

Las cajas de inspección serán construidas en concreto reforzado, dejando esmaltado su interior y bien elaboradas las cañuelas para orientar el flujo y evitar remolinos; la tapa será con marco y contramarco metálico y dispondrá de un gancho que facilite su apertura en el momento del mantenimiento. Las cajas de inspección tendrán una sección cuadrada. Las redes de aguas residuales se construirán en tubería PVC-Sanitaria y las ventilaciones en PVC-Liviana.

La tubería colocada en zanja deberá enterrarse a una profundidad tal que no se vea afectada por la carga a la que se vea sometida. Ésta irá apoyada sobre una cama de material libre de piedras o elementos agudos, y el relleno deberá quedar bien compactado. El material de lleno debe ser apropiado, compactado a mano, teniendo cuidado de no variar el alineamiento y la pendiente de la tubería. Los remates de ventilación deben hacerse en forma de sifón invertido y salir a la superficie del techo.

Por su parte, en la siguiente Tabla 3-124 se presenta el cálculo de los aportes de aguas residuales domésticas generadas diariamente durante las diferentes fases del proyecto, esto teniendo en cuenta lo dispuesto en la Resolución 0330 de 2017 - Reglamento

Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS del MADS, dónde se presenta la siguiente ecuación para el cálculo de aguas residuales domésticas.

$$\text{Aporte de aguas residuales domésticas} = \text{Tasa de Consumo trabajador} * \text{número de trabajadores} * \text{coeficiente de retorno}$$

**Tabla 3-124 Aportes de aguas residuales domésticas en cada etapa del proyecto**

ETAPA	Número de trabajadores	Tasa de Consumo trabajador (m <sup>3</sup> /Trabajador*día) - RAS	Coefficiente de retorno (Resolución 0330 de 2017)	Aporte de aguas residuales domésticas (m <sup>3</sup> /día)
<b>Construcción</b>	196	0,13	0,85	21,66
<b>Operación y mantenimiento</b>	40	0,13	0,85	4,42
<b>Desmantelamiento y Abandono</b>	80	0,13	0,85	8,84

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

### 3.2.8 Costos del Proyecto

La Tabla 3-125 y Tabla 3-126 presenta la proyección los costos generales de las fases de construcción y operación, por el tiempo de vida útil del Proyecto. Los costos puntuales de las obras a ejecutar dependerán del tipo de obra, su magnitud, el tiempo de ejecución y la disponibilidad de recursos requeridos, físicos, humanos y tecnológicos, entre otros.

**Tabla 3-125 Costos de inversión**

ITEM	PRECIO EN COP \$
<b>Equipos principales (módulos, inversores) y BOS (Balance of System incluye el resto de la planta fotovoltaica)</b>	403.911.120.000
<b>Interconexión</b>	33.835.275.282
<b>Desarrollo</b>	4.200.000.000
<b>Gestión de construcción</b>	1.600.000.000
<b>Otros</b>	13.132.391.858
<b>TOTAL</b>	456.678.787.140

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

**Tabla 3-126 Costos de operación**

ITEM	PRECIO EN COP \$
<b>Coste anual operación y mantenimiento</b>	2.985.222.900
<b>Coste total operación y mantenimiento 32,5 años</b>	95.527.132.800

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

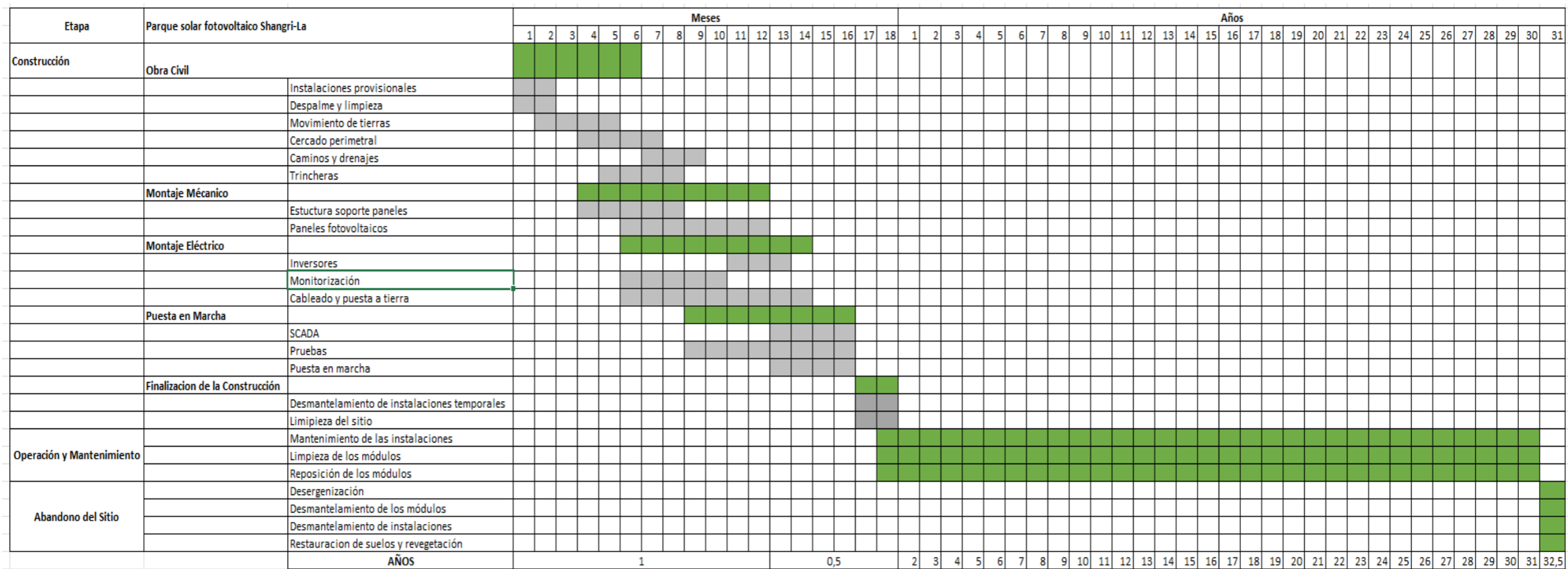
Sumatoria de costos de construcción y operación: COP \$ 552.205.919.940

### 3.2.9 Cronograma del Proyecto

El Proyecto se desarrollará durante 32,5 años; de los cuales 18 meses serán utilizados en la etapa de construcción, 30 años para la etapa de operación y un (1) año para la etapa de desmantelamiento, abandono y restauración, tal y como se presenta a continuación (Figura 3.121; ANEXO C.17):

Ibagué y Piedras (Tolima)

**Figura 3.121. Cronograma general del Proyecto en sus diferentes etapas (ANEXO C.17).**



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### 3.2.10 Organización del Proyecto

#### 3.2.10.1.1 Estructura organizacional

El Proyecto tendrá una estructura organizacional diferencial durante las fases de construcción y operación. La Figura 3.122 y Figura 3.123

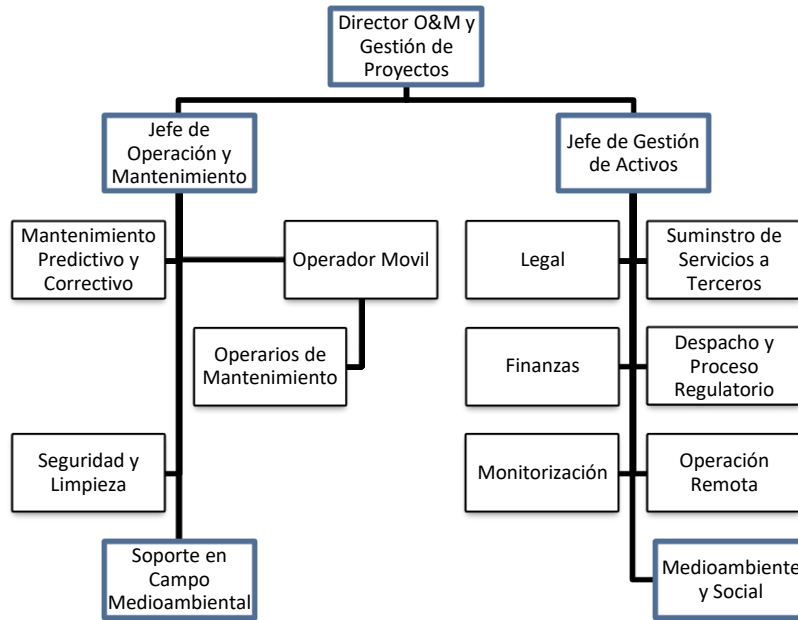


Figura 3.123 presenta un organigrama general del equipo de Operadora Shangri-La S.A.S. E.S.P. que asegurará el cumplimiento de los compromisos acordados en materia ambiental y social, durante las fases de construcción y operación.

En la fase de construcción se asignará un responsable principal de medioambiente, seguridad y calidad, que tendrá un equipo en campo dedicado a cada uno de estos temas. El equipo de medioambiente, seguridad y calidad responde en primera instancia a un responsable independiente al jefe de obra, aunque las personas en campo deberán también reportar de forma secundaria al jefe de obra.

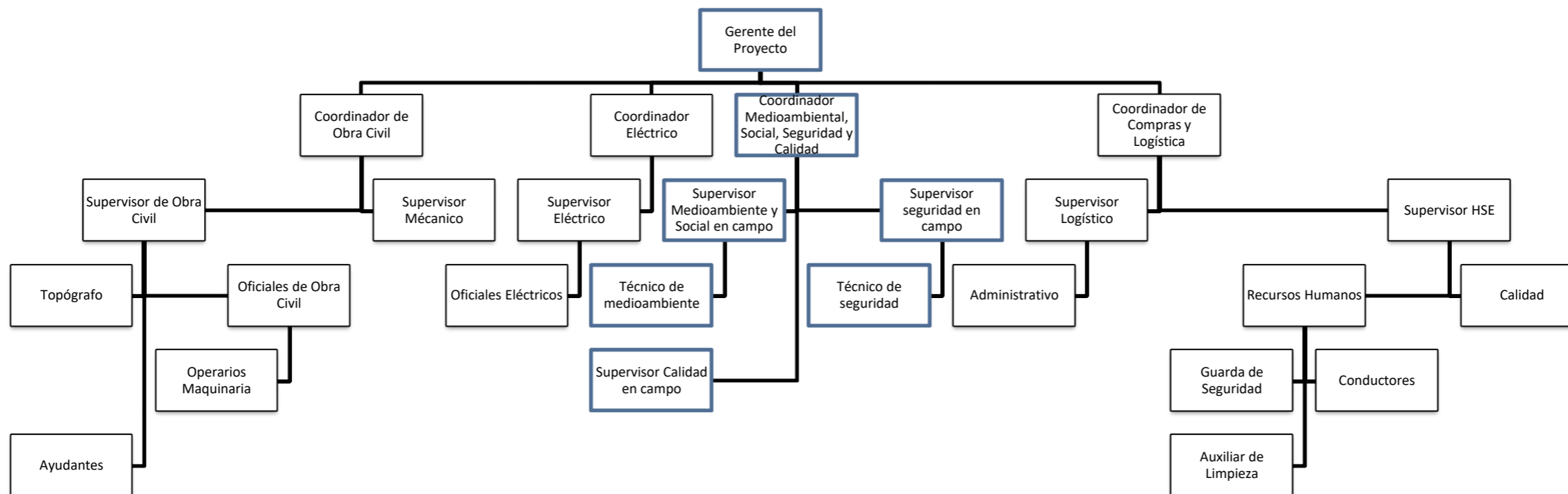
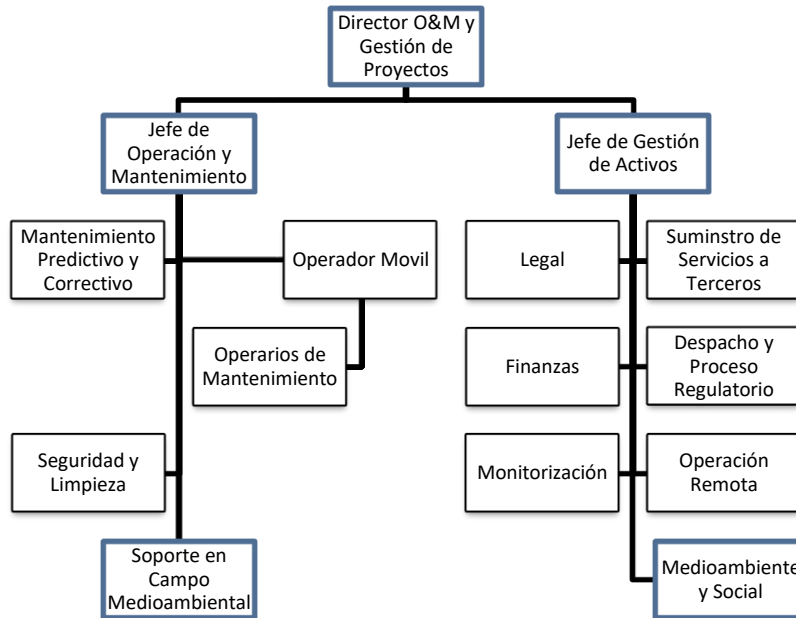


Figura 3.122 Estructura organizacional durante la etapa construcción.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).



Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 3.123 Estructura organizacional durante la operación.**

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (2021).

### 3.2.10.1.2 Funciones de la gestión ambiental y social

Las funciones de los responsables de la gestión ambiental y social, será liderar la gestión ambiental y las acciones de comunicación y relacionamiento con otros actores que interactúan con el Proyecto, como son: las administraciones municipales, Autoridades Ambientales competentes, Concesionaria San Rafael y comunidad del área de influencia.

Se incluyen también bajo sus responsabilidades:

- Definir y coordinar las políticas, metodologías y estándares para la gestión social y ambiental del Proyecto.
- Liderar la gestión de los permisos que el Proyecto requiere durante la construcción y operación.
- Identificar y gestionar nuevas oportunidades que puedan desarrollarse derivadas del uso, conservación y manejo de los recursos.

Ibagué y Piedras (Tolima)

- Actualizar y divulgar y asegurar el cumplimiento de los Planes y Programas asociados a la licencia ambiental, según corresponda.
- Desarrollar programas de gestión social con las comunidades del área de influencia, en virtud de las obligaciones legales y la política de responsabilidad social empresarial.
- Coordinar la gestión de impactos socioambientales y manejo del entorno.