CONEXIÓN DE MC4

MC4 son conectores eléctricos de un solo contacto utilizados para la conexión de módulos fotovoltaicos. Las siglas MC4 significan Multi-Contact y un 4 para el pin de contacto de 6mm (diámetro). Se recomienda que todos sus componentes sean ensamblados igual al esquema que se muestra, para evitar posibles arcos eléctricos. Cuando el pin es colocado en el Coupler body se tiene que escuchar un click donde se asegura que el pin fue ensamblado correctamente. De igual forma, se tiene que escuchar un click en el momento en el que el conector positivo y el negativo estén correctamente ensamblados entre sí.

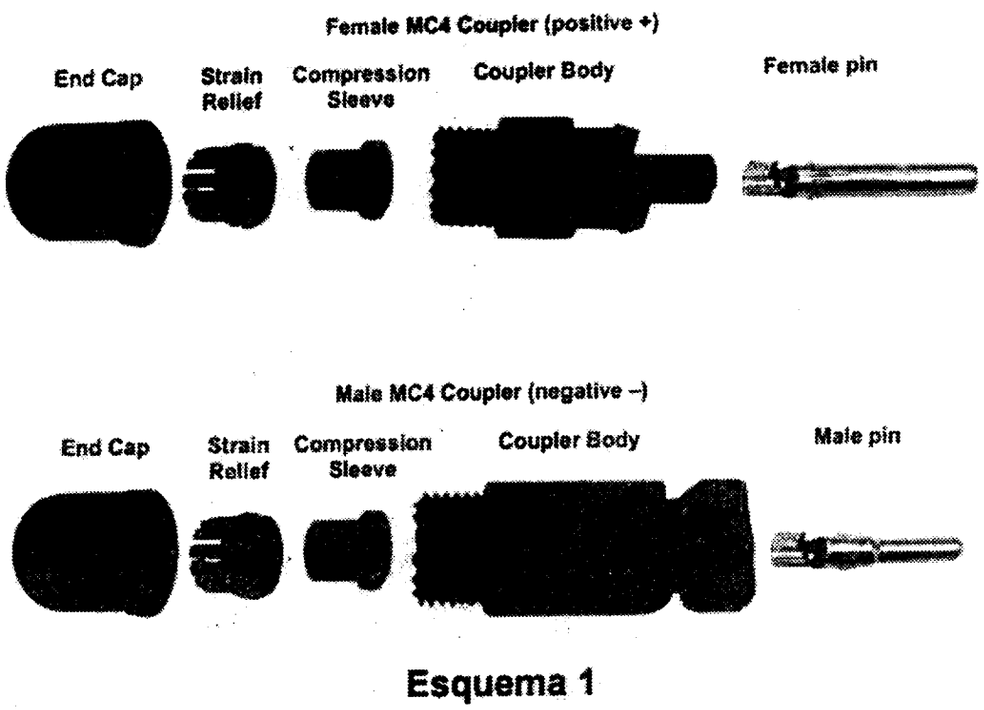


Ilustración 4. Esquema de conexiones para conectores MC4 Macho y Hembra.

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

Para determinar la selección de las protecciones, según la potencia de los módulos PV, a continuación, se describe el proceso:

• ZXM8- TPLDD132 SERIES

Basado en la NTC 2050 – Sección 690-9A, teniendo la corriente de corto circuito del módulo, se calcula la protección a utilizar en el gabinete en DC, determinándose así:

Protecciones de sobre corriente:

Para el sistema fotovoltaico de lado DC se utilizarán fusibles como medida de protección contra sobre corrientes, y estos no deben ser menores al 125%, según la NTC 2050 – Sección 690-8a. Por lo tanto:

$I_{PTM} = I_{MAX} * 25\%(MPPT)$

$I_{PTM} = I_{MAX} * 1.25$

$I_{PTM} = 18.27 * 1.25 = 22.83A \approx 25A$

Dados los cálculos, se seleccionan fusibles de 2x25A (+),(-) y 1000Vdc para cada cadena o string de paneles. Siendo un total de 2 fusibles de 2x25A para todo el sistema.

Para determinar la selección de las protecciones el conjunto de inversores (AC) se toma como base la corriente de salida de cada inversor:

• X3-MGA-20K-G2-LV.

Teniendo en cuenta la corriente a la cual trabaja el inversor el interruptor termomagnético estará dado por la corriente máxima de este, multiplicado por un factor de seguridad del 1.25.

$$I = \frac{10000}{220}$$

$I = 57.8A * 1.25$

$I = 69.5A$

Por lo tanto, se decide instalar una protección termomagnética AC de 3*70A industrial para el inversor. Este valor se escoge por temas de comercialización y es el más cercano a la corriente calculada.

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

Basados en lo establecido en las tablas 1 – 5 del Capítulo 9 de la NTC 2050, se realiza la selección de las canalizaciones:

Canalización DC – AC.

- DC

TRAMO: PANELES - INVERSOR			
Tabla 1 - Tabla 5 Capitulo 9 NTC 2050	Tubo Conduit PVC E IMC Ø3/4"	Tubo Conduit IMC Ø3/4"	Cable XLPE 2N°6mm²
1	10.52%	344.2mm2	36.2mm2
2	10.52%	344.2mm2	36.2mm2
3	10.52%	344.2mm2	36.2mm2
**Sección calculada a partir de la ficha técnica del fabricante, debido a que la tabla 5 del capítulo 9 de la NTC 2050 no menciona la referencia XLPE. Para más de dos conductores, el llenado máximo permitido es 40% del área de la tubería.* *Se debe tener en cuenta que se toma de ejemplo el tramo de solo 3 cadenas de paneles. Por tanto, se entiende que son 3 cadenas por inversor, siendo un total de 2 cadenas de paneles.*			

Tabla 5. Calculo Tubería DC-AC, para 2 cadenas de paneles con su respectiva puesta a tierra.

- AC

TRAMO: INVERSOR DE DISTRIBUCION A TABLERO PRINCIPAL DEL MICROACUEDUCTO			
Tabla 1 - Tabla 5 Capitulo 9 NTC 2050	Tubo Conduit PVC O EMT Ø1 1/4"	Tubo Conduit PVC O EMT Ø1 1/4"	Cable THHN-2 2N4°3F+ 1N°4 AWG
Tablero de distribucion	15.42%	536.7mm2	82.73mm2
**Sección calculada a partir de la NTC 2050. Para más de dos conductores, el llenado máximo permitido es 40% del área de la tubería.*			

Tabla 6. Calculo Tubería de inversor a tablero AC, con su respectiva puesta a tierra.

o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Las pérdidas de energía no son tenidas en cuenta debido a que, el factor de potencia del inversor según fichas técnicas es >99% (1 aprox) y para armónicos THD <3%.

p. Cálculos de regulación de tensión.

Cálculo de caída de tensión DC

Para este caso, se describen los cálculos de la caída de tensión en los conductores que conforman cada una de las cadenas; sin embargo, para efectos de este documento, solo se van a reflejar los cálculos para la distancia más crítica de la instalación, como lo es el string o cadena que está más alejada del cuarto eléctrico donde se encuentra el inversor.

Teniendo en cuenta la corriente de máxima potencia del módulo:

$I_{mp} = 17.29A$

$V_{mp} = 40.5V$

$10\ AWG\ XLPE = 6mm^2$

Siendo 11 módulos de 40.5V:

La distancia es de aproximadamente 5m al inversor, (distancia total).

$$R = \rho * \frac{l}{A_T}$$

Siendo R la resistencia, p la resistividad del cobre $\Omega * \frac{mm^2}{m}$ a temperatura ambiente 25° (siendo este de 0.018), l la distancia total, y A_T el área en mm^2 del calibre a utilizar.

Reemplazando:

$$R = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m} * 5m * \frac{1}{6mm^2} = 0.1\Omega$$

Aplicando la ley de Ohm.

$V = I * R$

$V = 17.29A * 0.1\Omega = 1.72V$

Al estar los 11 módulos en serie su voltaje es de 445,5V.

$$\%Caída\ de\ tensión = \frac{1.72V}{445.5V} = 0.03\%$$

Para el tramo más crítico de las conexiones se observa una caída de voltaje menor a 4% el cual es el valor máximo permitido para este tipo de instalaciones. Por lo tanto, el calibre a utilizar cumple con los parámetros establecidos.

Cálculo de caída de tensión AC.

En el caso de la caída de tensión en AC, se tiene en cuenta la distancia desde el tablero de distribución 220/240 del inversor hasta el tablero principal existente. De la cual se estima una distancia aproximada de 3 metros.

$I = 91A$

$V = 220V$

$f.p = 0.9$ (Transformador)

$l = 3m$

$4\ AWG = 8.00\ mm^2$

Resistividad del cobre = $0.018\ \Omega * \frac{mm^2}{m}$ a temperatura ambiente 25°.

$$V\% = \frac{\rho * l * I * \text{f.p}}{Sección\ del\ conductor * V}$$

$$V\% = \frac{0.018 * 3 * 91 * 0.9}{8.00 * 220} = \frac{4.42}{1700} = 0.026\%$$

Para el tramo de conexión desde el tablero nuevo hasta el existente las conexiones se observa una caída de voltaje menor a 4% el cual es el valor máximo permitido para este tipo de instalaciones. Por lo tanto, el calibre a utilizar cumple con los parámetros establecidos.

CAIDA DE TENSION ZONA CRITICA PANELES A INVERSOR			
CALCULOS DC: PUNTO CRITICO STRING		**DATOS DE PLACA**	
ṕ Cobre [CU]	$0.018\ \Omega \frac{mm^2}{m} *$	PV [W]	700
ṕ Aluminio [AL]	-	Vmp [V]	40.5
Longitud Cable [m]	5	Imp [A]	17.29
Corriente Cortocircuito (Isc) [A]	18.27	Voc [V]	48.3
K Constante	2	Isc [A]	18.27
Voltaje de circuito abierto (Voc) [V]	48.3	CAIDA DE TENSION %	
Voc Total [V]	445,5	0.03%	
N° Módulos en serie	11		
N° Módulos en paralelo	0		
Sección Transversal [mm²]	6		
K %	100		
CARACTERISTICAS DEL STRING			
N° Modulos en Serie	11		
Potencia Arreglo [W]	7700		
Voltaje Total (Vmp) [V]	445,5		
Corriente Total (Imp)	17.29		

Tabla 7. Cálculo de caída de tensión en DC.

CAIDA DE TENSION DE LADO AC	
CALCULOS AC: TABLERO A TABLERO	**CAIDA DE TENSION**

ρ Cobre $[\Omega * \frac{mm^2}{m}]$	0.018	$V\% = \frac{\rho * l * I * \text{f.p}}{Sección\ del\ conductor * V}$
ρ̇ Aluminio [AL]	-	0.026%
Longitud Cable [m]	3	
Corriente máxima (Imáx) [A]	91	
Factor de potencia (f.p)	0.9	
Red trifásica (si aplica)	NO	
Nivel de tensión [V]	220	
Sección transversal del cable mm²	8.00	

Tabla 8. Cálculo de caída de tensión en AC.

q. Áreas clasificadas como peligrosas.

No aplica. No existe acumulación de gases, ni existen condiciones peligrosas que permitan categorizar la instalación como tipo especial.

r. Diagramas unifilares.

Anexos, Diagrama Unifilar en hoja completa tamaño A4.

s. Planos eléctricos para construcción.

Los planos o diseños eléctricos elaborados se encuentran en formato .DWG adjuntados en el proyecto.

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Se recomienda la implementación de un sistema de ventilación forzada y cruzada, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo del conjunto inversores dentro del lugar destinado para la ubicación equipos,

permitiendo mantener el cuarto eléctrico fresco, mejorando así, las condiciones para la disipación de calor de los equipos.

u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.

No aplica, debido a que no se tiene redes energizadas en sitio. Sin embargo, queda anexada dentro de los detalles del plano las distancias de seguridad requeridas por el RETIE para tableros de baja tensión.

v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

No aplica. No hay ninguna desviación técnica de la normatividad o reglamento técnico vigente.

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

No aplica. El diseñador queda exonerado de cualquier responsabilidad si estos cálculos y distribuciones son alteradas o modificadas sin autorización previa escrita en su diseño original, por parte del cliente, terceros o si la construcción no se hace de acuerdo con el diseño.

x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.

DIMENSIONAMIENTO GENERAL

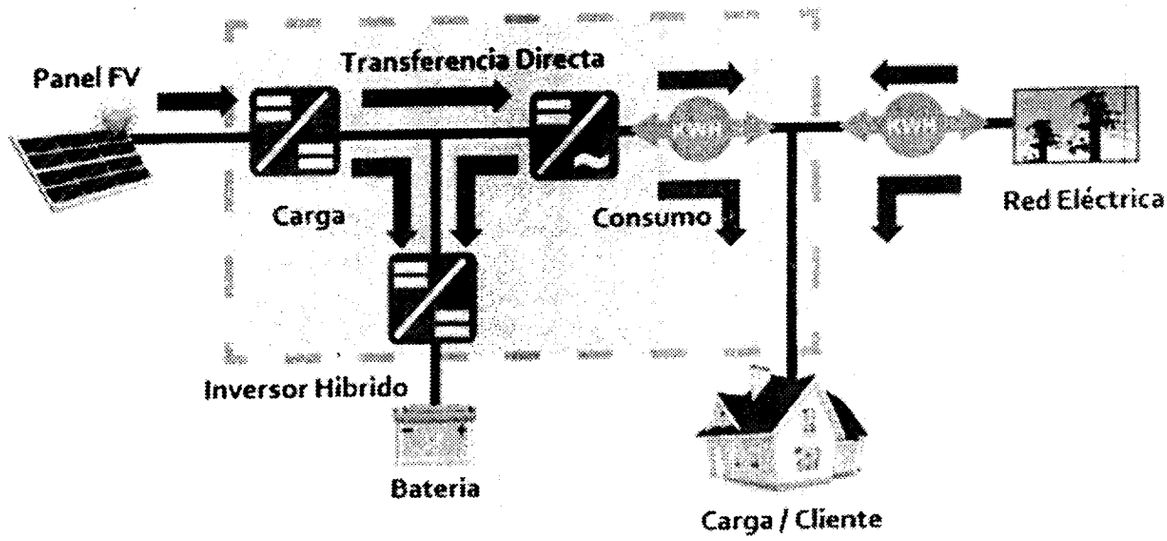


Ilustración 5: Sistema Hibrido

Como dato de partida para este sistema, se tuvo en cuenta el área disponible para la instalación de este sistema dentro de la entidad, por tanto, lo que se busca es aprovechar la mayor cantidad de espacio disponible y teniendo en cuenta también la capacidad del transformador. Se conocen los consumos de la entidad (facturas de energía), los cuales se muestran en la tabla 1, relacionando estos datos; se plantea la planta de generación fotovoltaica para un uso racional de la energía de los equipos que se van energizar, esto para poder tener una relación técnico-económica coherente y sostenible. Sumado a esto, además de que el sistema puede funcionar en simultaneidad con la red eléctrica del operador. Sumado a esto, para los siguientes cálculos se anexa la factura de energía de la entidad (Ver anexos).

Consumo de energía promedio semestral de la entidad.

CONSUMO MENSUAL	
MES 1	5960
MES 2	6280
MES 3	6480
MES 4	6480
MES 5	7120
MES 6	7560
PROMEDIO	**6800**
CONSUMO DIARIO	**217,92**

Tabla 9. Consumo promedio de la entidad según facturas de OR

El dimensionamiento estará basado en los datos entregados por la meteorología y superficie de la IDEAM, que para el municipio de Since tiene como promedio de irradiación de 5-5.5 horas sol, por tal motivo se tomara el valor de 5 para efectos del cálculo.

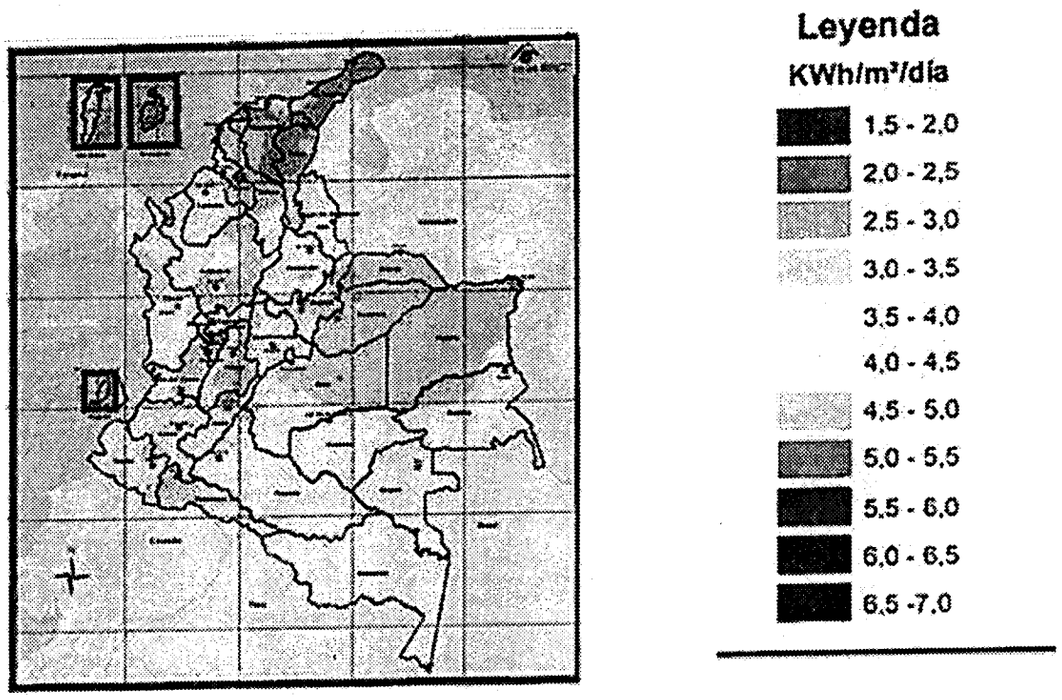


Ilustración 6. Irradiación en Colombia FUENTE: IDEAM

Teniendo en cuenta los datos anteriores se calcula el número de paneles solares teniendo en cuenta la potencia por panel de 700W y un factor de seguridad del 60%

$$N_{total} = \frac{E * 1.6}{P_{panel} * h}$$

Donde E es la energia diaria consumida en vatios hora/día y h es la irradiación de la zona:

$$N_{total} = \frac{217.92 * 1000 * 1.6}{700 * 5} = 99.6$$

$$N_{total} = 100$$

Se implementa una Sistema solar con 33 paneles de 700W, esto debido a que, aunque según los cálculos se necesitan 100 paneles, se plantea utilizar la totalidad disponible en piso (área en planos). Esto, en términos de eficiencia es beneficioso, ya que se podría suplir mucha más energía durante las horas pico de sol y se puede exportar los excedentes a la red. Teniendo en cuenta esta información, se calcula la potencia pico del Sistema PV.

$$P_{pico} = \frac{33 * 700}{1000} = 23.1$$

$$P_{pico} = 23.1kWp$$

Ahora, se calcula la potencia mínima del inversor:

$$Potencia\ minima\ en\ inversores = \frac{Potencia\ sistema}{Factor\ de\ seguridad} = \frac{23100W}{1.25} = 18480W$$

Se requiere para los inversores una potencia de 18480W, para esto, se implementa 1 inversor de 20KW teniendo en cuenta potencia máxima admisible (potencia pico) sin ser sobrecargada por encima de lo recomendada por el fabricante.

1. DESCRIPCIÒN DEL PROYECTO

Se pretende realizar un sistema de autogeneración a pequeña escala en la **MICROACUEDUCTO RURAL DE GRANADA con NIC 5048174,** para cubrir la energía consumida por la entidad.

Actualmente el consumo energético la entidad es de 6800 kWh/Mes en promedio, siendo así, mediante la implementación de la planta solar se pretende generar 3465 kWh/mes promedio, teniendo como soporte las simulaciones (ver anexos) con los parámetros del sistema y Granada, brindando como aporte un 50% de ahorros en los costos operativos por parte del operador de red AFINIA. Teniendo en cuenta ciertas perdidas y que en horas de baja irradiación el operador de red cubre lo que la generación fotovoltaica no pueda suministrar.

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto de autogeneración Fotovoltaica de 23,1kWp se localiza en las coordenadas geográficas 9°18'47.62"N, 75° 3'9.39"O, Granada, Sucre.



Ilustración 7. Ubicación del Proyecto.

3. OBJETO.

Detalle al diseño de un sistema solar fotovoltaico de 23,1kWp en las instalaciones de Microacueducto Granada, Since, Sucre. Colombia.

4. CONSTRUCTOR DE OBRA.

No aplica dentro de la fase de diseños y planteamiento del proyecto.

5. CARACTERÍSTICA DE LA CARGA.

La alimentación de los tableros corresponde a circuitos auxiliares, luces y tomacorrientes, las cargas principales son cargas no lineales como computadores, cámaras y o electrodomésticos.

6. PROYECCIÓN DEL SISTEMA PV.

Teniendo en cuenta el punto de conexión seleccionado (PC) y el área disponible en piso, se agrupan el sistema solar de la siguiente forma:

CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO					
MPPT	P. PANEL	#PANELES	P TOTAL	UBICACION	INVERSOR
#1	700	11	7700	PISO	20 KW - #1
#2	700	11	7700	PISO	20 KW - #1
#3	700	11	7700	PISO	20 KW - #1

Tabla 10. Conformación del proyecto PV.

7. SELECCIÓN DEL INVERSOR

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente en el dimensionamiento general, disponibilidad de equipos y las características del punto de conexión, para la implementación proyecto se dispondrá de 1 inversor, (Voltaje nominal 220V, 3L+PE). No se implementa un transformador para conectarse al TGBT el cual su funcionamiento es a 220V.

8. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS EQUIPOS

- X3-MGA-20K-G2-LV

	X3-MGA-20K-G2-LV	X3-MGA-25K-G2-LV	X3-MGA-30K-G2-LV	X3-MGA-35K-G2-LV
ENTRADA (CC)				
Potencia máx. de entrada de la matriz fotovoltaica [kWp]	32.5			52.5
Tensión máxima de entrada FV [V]	800			
Tensión nominal de entrada [V]	360			
Tensión de arranque [V]	200			
Rango de tensión del seguidor MPP [V]	180~650			
Núm. de rastreadores MPP	4			5
Cadenas por rastreador MPP	2			
Máx. corriente de entrada por MPPT [A]	32			
Máx. corriente de cortocircuito por MPPT [A]	45			
SALIDA (CA)				
Potencia nominal de salida de CA [kW]	25			35
Corriente nominal de salida de CA [A]	65.7			91.9
Potencia aparente de salida de CA máx. [kVA]	27.5			38
Corriente máx. de salida de CA [A]	72.2			99.4
Tensión de CA nominal [V]	220/127, 3N/PE, 3/PE			
Frecuencia nominal de red [Hz]	50/60			
THD (Potencia nominal) [%]	< 3			
Factor de potencia de desplazamiento	0.8 avanzado ~ 0.8 retrasado			

Ilustración 8. Datasheet inversores 20-kW.

• PANEL SOLAR 700-W

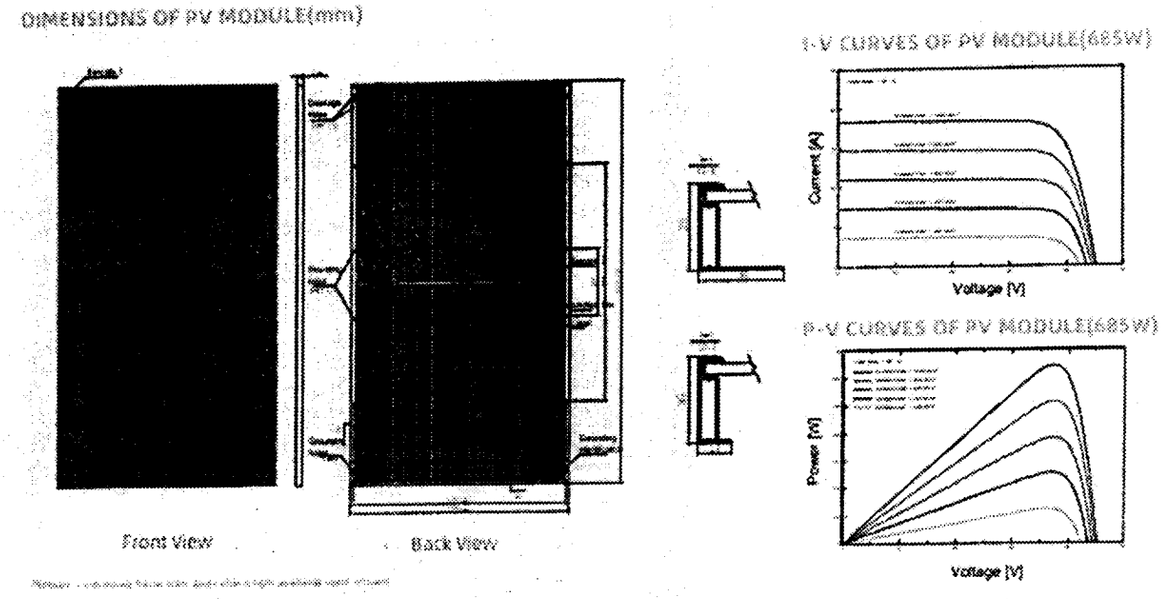


Ilustración 9. Datasheet Panel solar 700W.

9. CONFORMACIÓN DE LAS CADENAS:

De acuerdo con las características de los equipos a utilizar, la configuración del sistema se determina de la siguiente manera:

• Ejemplo con el inversor: X3-MGA-20K-G2-LV.

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ serie = \frac{Voltaje\ máximo\ inversor}{Voltaje\ circuito\ abierto} = \frac{800}{48.3} = 16.56 \approx 17$$

Número de paneles en paralelo:

El inversor por utilizar tiene 4 MPPT con la **capacidad de:**

Max Isc: 40

Max Imp: 32

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ paralelo\ (Isc) = \frac{Isc\ máx\ MPPT\ inversor}{Corriente\ corto\ circuito\ panel} = \frac{40}{18.27} = 2.18$$

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ paralelo\ (Imp) = \frac{Imp\ máx\ MPPT\ inversor}{Imp\ circuito\ panel} = \frac{32}{17.29} = 1.85$$

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, se decide utilizar 3 MPPT del inversor con 11 en serie. Ahora, debido a que el lugar de instalación es en piso. Es importante aclarar, los inversores se pueden sobrecargar más de su potencia nominal en base a sus características eléctricas en el lado de DC.

- Sistema 1: 33 paneles de 700W y 1 inversor de 20kW conectados de la siguiente manera:
  - Inversor 1:
    - MPPT 1: 11 Paneles en serie (Instalación en piso)
    - MPPT 2: 11 Paneles en serie (Instalación en piso)
    - MPPT 3: 11 Paneles en serie (Instalación en piso)

Bajo esta configuración se respecta el voltaje máximo de entra del equipo y la corriente máxima permitida por MPPT; además no se sobrecarga los inversores por encima de lo recomendado por él fabricante, por lo cual se garantiza un rendimiento óptimo de los equipos.

Jesus Andres Payares
Ingeniero Eléctrico.
MP. AT 205-172063

ANEXOS.

afinia
Grupo-epm

NIC: 5048174

Total a Pagar: $ 211.254.630
Total Mes: $8.268.880
10/04/2025

Datos del Usuario y/o Suscriptor

Titular de Pago
ACUEDUCTO DE VEREDAL SINCE

Usuario o suscriptor
MUNICIPIO DE SINCE

Estrato/Clasificación
Com Acu (Sencilla N1) E.Caribe

Dirección de suministro
CL 2 CR 6-25
GRANADA
SINCE
ACUEDUCTO DE GRANADA

Dirección de Envío
CL 2 CR 6-25
GRANADA
SINCE
CGTO GRANADA

No. Facturas vencidas:	28
Saldo anterior:	$ 202.985.750
Fecha emisión:	30/03/2025
Documento equivalente No.:	94402503019138
ID. de Cobros:	5048174393 - 67

Periodo facturado 04/02/2025 - 05/03/2025

Energía + Otras Entidades

Energía	Aseo			=
$ 7.521.890	$ 0,00	$ 0,00	$ 746.990,00	$ 8.268.880

Para mayor información ingresa a www.afinia.com.co

Consumo de los últimos 6 meses (kWh)

5160	6280	6480	6480	7120	7360	6800

Promedio Consumo Diario (kWh): 217,92

Información importante

Caribemar-Afinia confirma que el cobro del cargo por opción tarifaria - "CDT" dentro del cargo de comercialización, cumple lo establecido en la Resolución CREG 101 026 de 2023.

Caribemar-Afinia confirma con una merma de reducción de las calificaciones de calidad del servicio según lo previsto en la resolución particular de aplicación de ingresos, Resolución CREG 025 de 2021.

Aviso de suspensión

Suspensión a partir: 11/04/2025

El no pago oportuno de la factura, dara lugar a la suspensión del servicio a partir de la fecha indicada en esta. Contra esta decisión procede el recurso de reposición ante la empresa y en subsidio el de apelacion ante la SSPD, dentro de los cinco dias siguientes al recibo de esta factura. En caso de padecer una situación de vulnerabilidad que pueda afectar sus derechos fundamentales con ocasión de la suspensión deberá acreditarlo antes de la fecha de suspensión.

Tu seguridad nos importa – Paga tu factura registrándote en nuestra Oficina Virtual en www.afinia.com.co o a través de Afiniapp. Reporta sospechas al 115.

El Gobierno Nacional, mediante el Decreto Legislativo 517 del 4 de abril de 2020 y la Resolución MME 40130 del 11 de mayo de 2020, creó el programa "Comparto mi Energía" para que usuarios de estratos 4, 5, 6, y sectores comerciales e industriales realicen aportes voluntarios. Puede unirse ingresando a https://caribemar.facture.co/Pagar y seleccionando el botón "Aportar" para indicar el monto de su contribución



1232547890123456 - 4410 - 0803 - 0036 - 000350

Estado de cuenta

No. Facturas Vencidas: 28 Monto: $202.985.750 Fecha Ultimo Pago: 26/02/2025 Monto: $0

No. Financiaciones pendientes: 0 Monto: $0 Tasa por mora vigente: 1,87%

Monto en reclamo $

NOTA: El monto en reclamo no esta incluido en el total a pagar de esta factura

NIC: 5048174

Total a Pagar: $ 211.254.630

Total Neto: $8.268.880

[illegible]: 10/04/2025

Calidad del Servicio

Circuito / Transformador

CIRCUITO: SAN PEDRO 3 **CODIGO: 10915296** **GRUPO CALIDAD: 33**

DIUG.: 0360,00 **FIUG.: 0** **DIU.: 0038,25** **FIU.: 29**

Otros Entidades

Tasa Seg y Conv Ciudadana	746.985,00
Aproximación a decenas	5,00
Vr. Total Tasa Seg y Conv Cdna	746.990,00

Datos de factura

Fecha Lectura Anterior: 04/02/2025 Fecha Lectura Actual: 05/03/2025 Dias Facturados: 29

Medidor	Tipo	Lectura Actual	Lectura Anterior	Factor Multiplo	Consumo KWh
63121299	Activa BT	15777	15607	40	6800
63121299	Reactiva BT	7221	7242	40	3160

Novedad en Lectura: -6-

Propiedad del Activo: Empresa MEDICION

Costo unitario $/kWh

G:	344,28
T:	49,85
PR:	150,50
R:	19,05
D:	216,31
C:	223,53

CU: 1.003,60

Datos de consumo

	Tarifa en $/kWh	Consumo kWh	Valor en $
Consumo	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Contribucion	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Total 7.521.888

Detalle de conceptos facturados

	Valor ($)
Consumo	6.838.080,00
Reactiva	0,00
Contribucion	483.808,00
Aproximacion a decenas	2,00

PROYECTO AGPE- MICROACUEDUCTO BAZAN, SINCE 6.3KWP.

DIRECCION: MICROACUEDUCTO RURAL DE BAZAN, SINCE, SUCRE, COLOMBIA.

DESCRIPCIÓN BREVE: Sistema de conexión solar, ubicado en piso del Microacuducto rural de Bazan, conformado por 9 paneles solares de 700W y 1 inversor de 5KW.

Introducción

El presente documento da respuesta al Libro 3, título 3, artículo 3.3.1. del Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas - RETIE, Resolución 40117 de 02 de abril de 2024, donde se detalla los procesos de ingeniería que intervienen en el desarrollo y construcción de un proyecto en fase de diseño, con el fin de sintetizar y estructurar toda la información previamente obtenida en campo.

Objeto

Dar a conocer los criterios de diseño determinados en los procesos de ingeniería que determinan los lineamientos bases, para la construcción y ejecución del proyecto.

Tabla de Contenido

a. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos 6

b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección. 10

c. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. 13

d. Coordinación de aislamiento eléctrico. 15

e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra. 15

f. Análisis del nivel tensión requerido 16

g. Cálculo de campos electromagnéticos. 17

h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga. 17

i. Cálculo del sistema de puesta a tierra. 17

j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía. 20

k. Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente. 20

l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación. 21

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A. 30

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.) 31

o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. 32

p. Cálculos de regulación de tensión. 32

q. Áreas clasificadas como peligrosas 35

r. Diagramas unifilares. 35

s. Planos eléctricos para construcción. 35

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares 35

u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas. 36

v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación. 36

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas 36

x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.....36

.....44

INTRODUCCION.

En la búsqueda constante de soluciones sostenibles y eficientes para satisfacer las necesidades energéticas, la adopción de sistemas de autogeneración fotovoltaica se ha convertido en una estrategia clave para las entidades públicas. La energía solar, una fuente renovable y limpia, no solo ofrece beneficios medioambientales, sino que también presenta oportunidades económicas significativas. Implementar un sistema de autogeneración fotovoltaica permite a las entidades públicas reducir su dependencia de fuentes de energía convencionales, disminuir los costos operativos y contribuir a la lucha contra el cambio climático.

El uso de paneles solares para generar electricidad ofrece ventajas múltiples, desde la reducción de la huella de carbono hasta la optimización de los recursos energéticos. La inversión en tecnología fotovoltaica no solo promueve la sostenibilidad, sino que también proporciona una mayor independencia energética y seguridad de suministro. Además, la adopción de estos sistemas puede servir como un modelo a seguir para la comunidad, demostrando el compromiso de la entidad con prácticas responsables y visionarias en la gestión de recursos.

A continuación, exploraremos los detalles técnicos para la implementación de un sistema de autogeneración fotovoltaica en el microacueducto de Bazan en el municipio de Since del departamento de Sucre que puede ofrecer a la entidad pública un impacto positivo tanto a nivel ambiental como económico y social.

RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO

1. Tipo de Cliente:

Mercado: Nivel 1 – Categoría: Oficial - Mercado regulado.

2. Potencia Máxima Proyectada:

El sistema solar fotovoltaico, se encuentra conformado por módulos solares ZXM8-TPLDD132 SERIES, específicamente el módulo de 700W donde la potencia asociada a cada tecnología se describe a continuación: 9 x 700W = 6,3kWp.

Es importante aclarar, que el conjunto de inversores que conforman el sistema de generación está compuesto por 1 unidad referencia, SUN-5-12K-SG02LP2-US-AM2; para una potencia total 5kW AC con una tensión de trabajo de 220V.

3. Transformador:

El sistema bajo la modalidad de entrega de excedentes a la red, instalado en el Microacueducto Bazan –Since, Sucre, Colombia, No se requiere trasformador adicional para la puesta en marcha del sistema de 6,3kWp, debido a que el inversor proyectado en su voltaje de salida es a 220V y el punto de inyección se encuentra a 220V el cual es el nivel de tensión del suministro de energía de la entidad.

4. Lineas y redes de B.T:

A pesar de que el suministro de energía por parte del OR al cliente, se realiza a un nivel de tensión 1, el proyecto solar fotovoltaico tiene proyectado 1 solo punto de conexión con la red eléctrica existente, ubicado en el tablero de baja tensión a 220V. Es importante mencionar, para la entrada en operación de los equipos, se requiere una alimentación (2L + PE).

5. Equipo de Medida:

Teniendo en cuenta que el proyecto a implementar es con entrega de excedentes, basados en la CREG 174 de 2021, se requiere cambio de medidor. Así mismo, teniendo en cuenta el articulo 12 - 14 de la CREG 174 no se debe realizar un estudio de conexión simplificado puesto que la capacidad total del sistema de generación es menor o igual a 100kW.

MEMORIAS DE CÁLCULO DEL PROYECTO

a. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Haciendo referencia al título 5 del RETIE 2024, articulo 1.5.1.3. Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes. El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo de origen eléctrico obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables. Teniendo en cuenta esta información, y en base al artículo 1.5.1.4.1 se elabora una matriz de análisis por riesgos con sus respectivas medidas para mitigarlos.

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION O QUEMADURAS (EVENTO O EFECTO)	por	CONTACTO DIRECTO (FACTOR DE RIESGO (CAUSA))	(al) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA - RED 220V/240V (FUENTE)

	POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños menores. Sin interrupción	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación de la alimentación del tablero de protección del inversor de conexión a la red domiciliaria se pueden presentar electrocución por negligencia de técnicos y por violación de las distancias mínimas de a seguridad.

CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 dia). Daños importantes, interrupcion breve. Sin efecto.

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. **Demostrar cómo se va a controlar el riesgo**, aislar con barreras o distancia, usar EPP.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Analisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN::Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	ARCO ELECTRICO	(al) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA - RED 220V/240V
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5 MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4 MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1día)	[redacted]	[redacted]	Regional	3 BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2 BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (sin ocasionamiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	[redacted]	1 MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Se producen por falta de mantenimiento, conexiones flojas en bornes.

CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada.

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

CONSECUENCIA: 3
FRECUENCIA: D
NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	***Aceptarlo.*** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, Realizar buenas conexiones, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra	El ingeniero residente diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS).

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar elementos de seguridad a la hora de instalar y poner a prueba las conexiones, como guantes, casco, y gafas de protección. Respetar las reglas de oro.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURA	por	CONTACTO INDIRECTO	(al) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA - RED 220V/240V
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5 MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4 MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3 BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	[redacted]	Efecto menor	Local	2 BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (sin ocasionamiento laboral)	Daños leves. No interrupción	[redacted]		1 MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad). Daños importantes. Interrupción breve.Efecto menor

FRECUENCIA: No Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP)	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Usar elementos de protección, guantes, gafas. Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	SOBRECARGA	(el) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA - RED 220V/240V
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)		El ecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (al ecto rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad), Daños importantes. Interrupción breve

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptable.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con contacircuitos, contacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores si se requiere.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	CORTOCIRCUITO	(el) o (en)	INVERSOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1día)			Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	El ecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (al ecto rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin el ecto		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, humedades, equipos defectuosos.

CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día), Daños severos. Interrupción temporal, Contaminación localizada

FRECUENCIA: No ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptable.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por:	SOBRECARGA	(si) o (no)	INVERSOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

	POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)		El acto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (el acto rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063	Fecha:	8/01/2025		

POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad),Daños importantes, Interrupción breve

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptable.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP) Requiere permiso de trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con contacircuitos, contacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por:	EQUIPO DEFECTUOSO	(si) o (no)	INVERSOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

	POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)				1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063	Fecha:	8/01/2025		

POSIBLES CAUSAS: Defectos de Fabrica, Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad) Daños Leves, Interrupción breve y efecto menor

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptable.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP) Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

Tabla 1. Matriz de análisis de riesgo eléctrico.

b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.

Para realizar el análisis de riesgo por descargas atmosféricas y las medidas de protección a utilizar se debe tener en cuenta la NTC 4552, la cual tiene en cuenta las protecciones contra rayos.

Ahora bien, de acuerdo con el artículo 5.2 de la NTC 4552, se realiza aplica la metodología para evaluar el nivel de riesgo y se establecen las medidas de protección.

El resultado de esta evaluación se obtiene de la ponderación de indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que implica un impacto directo o indirecto sobre éste a la estructura.

A continuación, se evalúa el nivel de riesgo:

Tabla 1. Indicador de parámetros del rayo

Densidad de descargas a tierra [Descargas/km^2 - año]	Corriente pico absoluta promedio [kA]		
	$40 \leq I_{abs}$	$20 \leq I_{abs} < 40$	$I_{abs} < 20$
$30 \leq$ DDT			
$15 \leq$ DDT < 30			
$5 \leq$ DDT < 15			
DDT < 5			

Severos — Altos

Medios — Bajos

DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA DE LAS PRINCIPALES CIUDADES Y POBLACIONES DE COLOMBIA

Ciudad		Rango de DDT (rayos / km^2 x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inirida	1-2
Barranquilla	Riohacha	
Bogota	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Cali	Tumaco	
Cartagena	Tunja	
Cucuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	
Leticia	Ibagué	
Mitú	Manizales	
Mocoa	Medellin	
Neiva	Monteria	
Pasto	Ocaña	
Popayan	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	
	Yopal	
Corozal	Magangue	3-5
Pereira	Turbo	
Girardot		
Barrancabermeja		6-9
Quibdo		
Samana		10-14
El Banco		
Bagre		
Remedios		
La Palma		
Nechi		15-20
Zona rural de Quibdo		8-14
Zona rural de la Palma		8-12
Zona Rural de Samana		10-16
Serrania de San Lucas y Estribaciones		20-40
Magdalena Medio		8-16

Para este caso, se tiene en cuenta el rango de DDT de Corozal, lugar más cercano al proyecto fotovoltaico. Su rango es de 3-5 DDT (rayos/km2 por año) con una corriente pico absoluta promedio de 20kA. Lo que representa un riesgo bajo según la Tabla 1 del indicador de parámetros del rayo.

Ahora bien, hace falta el indicador de gravedad para determinar si es necesario tomar precauciones para las descargas atmosféricas. El cual se basa en la siguiente tabla.

Tabla 2. Indicador de Gravedad

Resultado de la suma de subindicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Media
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

Para tener la suma de los subindicadores se tienen en cuenta las siguientes tablas:

Tabla 3. Subindicador relacionado con el uso de la estructura

Clasificación de estructuras	Ejemplos de estructura	Indicador
A	Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones	40
B	Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.	30
C	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos	20
D	Estructuras no habitadas	0

Tabla 4. Subindicador relacionado con el tipo de estructura

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Tabla 5. Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura

Altura y área de la estructura	Indicador
Área menor a 900 m^2	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900 m^2	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

Para finalizar, se ponderan los indicadores obtenidos en una matriz de riesgos teniendo en cuenta la tabla 2.

Tabla 6. Matriz de niveles de riesgo

GRAVEDAD / PARÁMETROS	Severa	Alta	Media	Baja	Leve
Severo					
Alto					
Medio					
Bajo					

Nivel de Riesgo de la estructura

ALTO

MEDIO

BAJO

Para el primer subindicador la clasificación de la estructura es de tipo D, ya que se trata de un acueducto siendo su indicador de 0. En el caso del segundo subindicador, se tiene en cuenta que la estructura de los paneles es metálica, por tanto, su indicador sería de 0, y por último el tercer subindicador estaría dentro del rango de menor a 900 m2, y con altura menor a 25 metros, obteniendo así un indicador de 5. El ponderado de estos indicadores sería de 5. Lo que lleva a la conclusión de que el indicador de gravedad es Leve según la tabla 2.

De acuerdo con esto, se toman las acciones recomendadas según la norma, la cual indica:

Tabla 7. Acciones recomendadas según el nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Acciones recomendadas
NIVEL DE RIESGO BAJO	SPI para acometidas aéreas
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
NIVEL DE RIESGO MEDIO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
NIVEL DE RIESGO ALTO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
	Plan de prevención y contingencia

Para el caso de un nivel de riesgo Leve, se realiza el cableado y puesta a tierra de acuerdo con la NTC 2050. No se realiza SPI ya que no hay cometidas aéreas.

De la misma manera, se atiende a las características para la selección de los DPS en DC y AC de las tablas E.3 y la tabla E.4 de la NTC 4552-1, para garantizar la vida útil del conjunto de inversores de Conexión a la red se implementan DPS AC a 220V y DPS en DC a 1000V DC para proteger el inversor y a su vez, equipotencializar todos los demás elementos con el sistema de PAT existente. En caso de no cumplir con las exigencias del RETIE se realizarán las adecuaciones requeridas para que este cumpla a cabalidad.

c. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Cuadro Cargas AC.

CUADRO DE CARGAS AC							
MICROACUEDUCTO BAZAN – SINCE							
UBICACIÓN – ZONA: INTERIOR DE LA CASETA TIPO DE MONTAJE: SOBREPONER				N° DE CIRCUITOS: 1, N° DE FASES: 2, N° DE HILOS: 3, VOLTAJE: 120V/240V			
Descripción	Inversor	Protección (A)	Conductor (AWG)	Potencia (W)	Circuito	L1	L2
Inversor 5 kW	1	2X40	2×6 AWG + N°6 AWG + T°8 AWG	5000	1	X	X
Carga total local (W)				5000			

Fases Cu + Neutro – THHN-2 Inversor a tablero de distribución: 2×6 AWG + N°2 AWG Cu THHN-	**Alimentador Fases Cu + Neutro a tablero principal:** 2×4 AWG + N°4 AWG Cu THHN-2	**Conductor a tierra inversor a tablero de distribución:** 1×8 AWG Cu THHN-2
Protección General(A) por inversor: 2×40 A	**Protección Principal Totalizador (A):** 2×60 A	Tubería: Ø 1" PVC SCH40, EMT o IMC según requiera

Tabla 2. Cuadro cargas AC.

Cuadro Cargas DC.

CUADRO DE CARGAS DC								
MICROACUEDUCTOS BAZAN - SINCE								
UBICACIÓN – ZONA: INTERIOR DE LA CASETA TIPO DE MONTAJE: SOBREPONER					N° DE CIRCUITOS: 2, N° DE FASES: 2, N° DE HILOS: 3			
Descripción	Cadena	Protección Fusible(A)	Conductor AWG XLPE	Potencia String (W)	Circuito	Inversor N°1		
Serie de 5 Paneles 700W	1	2x25A	2N° $6mm^2$	3500	1	X		
Serie de 4 Paneles 700W	1	2x25A	2N° $6mm^2$	2800	2	X		
Carga total local (W)				29400				
Cable lado positivo: Cu XLPE 4N°$6mm^2$ AWG		Cable lado negativo: Cu XLPE 4N°$6mm^2$ AWG			Conductor a tierra: Cu THHN/THWN-2 1N°8 AWG			
Protección general por cadena: 25A Fusible		Protección contra sobretensiones: DPS Tipo II 2P 1000Vdc			Tubería por cadena de paneles: Ø 3/4'' PVC, EMT o IMC según requiera			

Tabla 3. Cuadro cargas DC.

d. Coordinación de aislamiento eléctrico.

De acuerdo con el Anexo E de la NTC4552-1, la definición de Aislamiento: "Es la separación de dos o más superficies conductoras por medio de un dieléctrico (incluyendo el aire), ofreciendo una alta resistencia al paso de la corriente." Para el cumplimiento de esta condición, se coordina el aislamiento, teniendo en cuenta la tensión y corriente calculada de cada cadena de los arreglos de los módulos solares, junto con sus conectores, cables y demás elementos; los cuales cuentan con su rotulación y certificación para su uso dentro de los niveles de tensión, de la misma manera se aplica la misma metodología de cálculo de corriente y tensión para el cableado a utilizar en las acometidas de AC. Cabe resaltar que el uso de baterías se tiene en cuenta para alimentar primeramente cargas criticas antes que otras cargas.

e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.

Con la corriente de corto circuito de cada cadena que conforman el arreglo de los módulos solares

fotovoltaicos, se implementan fusibles de 25A - 1000VDC, para cada uno de los arreglos; los cuales cuentan con su respectiva rotulación y certificado de producto. Adicionalmente, para despejar una posible falla a tierra se instala un conductor de puesta a tierra en configuración TT en DC y TNS en el lado de AC, donde el conductor seleccionado 1N°8 Cu AWG THHN-2 para lado DC y 1N°6 Cu AWG THHN-2 para lado AC.

Protecciones de sobre tensiones

DPS: Según se observa en las especificaciones del inversor las protecciones contra sobretensiones son de tipo II, por lo tanto, se selecciona un DPS tipo II contra sobretensiones transitorias inducidas.

Características del DPS Tipo II:

1. Protección contra sobretensiones inducidas: Este tipo de DPS está diseñado específicamente para limitar las sobretensiones que provienen de descargas atmosféricas indirectas o de conmutación en la red, lo cual es ideal para proteger instalaciones de corriente continua (DC) en sistemas fotovoltaicos.
2. Capacidad de corriente de impulso: El DPS Tipo 2 tiene una capacidad de descarga suficiente para manejar las sobretensiones inducidas sin sobrecargar o dañar el sistema.
3. Instalación en el lado DC y AC: En sistemas fotovoltaicos, se instala un DPS en el lado DC (entre los paneles y el inversor) y en el lado AC (entre el inversor y la red) para garantizar una protección completa.

A continuación, se calcula los voltajes límites para las protecciones DPS:

$$V_{oc}DPS = V_{oc\,DEL\,PANEL} * \#Paneles\ en\ Serie$$

$$V_{oc}DPS = 48.3V * 5 = 241.5V$$

Se escoge un DPS de 1000V ya que se espera no superar el valor anteriormente calculado en cada MPPT del sistema. Con esto, se garantiza que se puedan hacer ampliaciones a la máxima capacidad del inversor, y al mismo tiempo, se protegen los MPPT de cada inversor para que no sufran daños por sobretensiones en el sistema.

Se instala 1 DPS tipo II de 2P 1000V por cada cadena del sistema. Siendo un total de 2 DPS Tipo II de 2P 1000Vdc 40kA.

f. Análisis del nivel tensión requerido.

De acuerdo con RETIE, en el Libro 3, titulo 9 "Clasificación de los niveles de tensión", se aplica el siguiente literal:

- d. Baja Tensión (BT): Los de tensión nominal menor o igual a 1.000 V y mayores o iguales de 25 V c.a. o 60 V c.c. Teniendo en cuenta el nivel de tensión del punto de conexión a la red y la salida

del conjunto de inversores, la tensión de operación del sistema es una tensión normalizada 220/240 VAC. Y para el conjunto de paneles, el cual ninguna cadena supera los 1000V.

g. Cálculo de campos electromagnéticos.

No aplica para sistemas cogeneración de energía eléctrica fotovoltaica, debido a que la corriente total a la salida del conjunto de inversores y entregada a las cargas (circuito alimentador), no superan los 1.000A, lo cual sugiere que no se pasarán los umbrales establecidos en el artículo 3.11.1 del RETIE 2024.

h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

No Aplica, ya que no se necesitan transformadores adicionales para la puesta en marcha del sistema de generación fotovoltaica.

i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.

La instalación no posee Sistema de puesta a tierra, sin embargo, se implementa un SPT según la IEEE80 2000, se realiza un modelo rectangular con 4 nodos unidos por cable 1N° 2/0 AWG y los resultados fueron los siguientes:

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

	Instructivo de uso del programa		
	Resistencia requerida según aplicación menor a (W)	20	Escuelas
ρ	Resistividad aparente del terreno (Ω.m)	20	
I_f	Corriente de falla a tierra simétrica (rms (A)	1000	
t_c	Tiempo de despeje de la falla (ms)	50	
	Marque la casilla si existe una capa superficial ☑	SI	
ρ_s	Resistividad de la capa superficial (Ω.m) Ver tabla 7	100	
h_s	Espesor de la capa superficial hs (cm)	25	
	Recuerde borrar operaciones anteriores para reiniciar cálculos		

CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR DE LA MALLA DE PAT

	Tipo de conductor seleccionado		Varilla de acero revestido de cobre
K_f	Constante del material conductor a utilizar en la PAT	14,64	Tabla 2 Pag. 44 IEEE 80-2000
A_{mm}^2	Área calculada del conductor a utilizar en la malla (mm^2)	67,4	Formula 40 Y 41 Pag. 43 IEEE 80-2000
d	Diámetro del conductor a utilizar en la malla de PAT (mm)	9,26	Por requerimientos mecánicos
	Calibre conductor a utilizar en malla de puesta a tierra	2/0 AWG	Código GEDISA | CBDES0100200

GEOMETRIA DE LA MALLA

a	Cuadrada ○	Largo (m)	8	
b	Rectangular ◉	Ancho (m)	6	
L_1	En forma de L ○	L1 (m)	0	
L_2		L2 (m)	0	
D	Longitud de los lados de la cuadrícula (m)		1	
h	Profundidad de enterramiento de la malla (cm)		30	
A	Área de la malla de PAT (m^2)		48	
L_p	Longitud del perímetro (m)		28	
	Número de conductores en el sentido longitudinal o "X"		9	
L_x	Longitud Máxima del Conductor en el sentido de "X" (m)		72	
	Número de conductores en el sentido transversal o "Y"		7	
L_y	Longitud Máxima del Conductor en el sentido de "Y" (m)		42	
Lc	Longitud Conductor Horizontal De La Malla (m)		114	
	Empleo de barras copperweld o jabalinas ☑		SI	
	Modelo de barra copperweld			Barra copperweld de 5/8"
d_c	Diámetro de la Barra Copperweld o jabalina (mm)		19	
L_r	Longitud de la Barra Copperweld o jabalina (m)		2,4	

GEOMETRIA DE LA MALLA CONTINUACION

n_R	Número de barras copperweld colocadas en el área A	4		
L_R	Longitud total de las Barras Copperweld o Jabalinas (m)	10		
L_M	Longitud efectiva sin barras o con ellas no ubicadas en esquinas (m)	124	Formula 90 Pag. 94 IEEE 80-2000	
L_M	Longitud efectiva con barras en el perimetro y esquinas (m)	129	Formula 91 Pag. 94 IEEE 80-2000	
L_S	Longitud efectiva con barras copperweld o sin ellas (m)	94	Formula 93 Pag. 94 IEEE 80-2000	
MOLDES Y CARTUCHOS PARA SOLDADURA EXOTERMICA				
CX	Cantidad de conexiones exotérmicas en EQUIS	35	Código GEDISA	PTCE000200
MX	Molde de grafito para conexión exotérmica en EQUIS	1	Código GEDISA	PTXSH070070
CT	Cantidad de conexiones exotérmicas en TEE	28	Código GEDISA	PTCE000090
MT	Molde de grafito para conexión exotérmica en TEE	1	Código GEDISA	PTCTH070070
CÁLCULO DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA				
R_m	Resistencia de malla (w)	0,67	Formula 52 Pag. 65 IEEE 80-2000	
R_r	Resistencia de la barra copperweld seleccionada (w)	3,18	Barra copperweld 5/8	
R_a	Resistencia equivalente del sistema de PAT (w)	0,36	Con barras copperweld	
CÁLCULO DE CORRIENTE MAXIMA DE MALLA				
I_G	Máxima corriente de malla (A)	258,72	Formula 63 Y 64 Pag. 73 IEEE 80-2000	
I_g	Corriente de malla simétrica rms (A)	210,00	Formula 65 Pag. 73 IEEE 80-2000	
D_f	Factor de decremento para la determinación de IG	1,232	Formula 79 Pag. 84 IEEE 80-2000	
X/R	Valores típicos de la Relación X/R	X/R = 10	Tabla 10 Pag. 85 IEEE 80-2000	
t_f	Valores típicos del Tiempo de duración de la falla (Seg)	0.05 seg	Tabla 10 Pag. 85 IEEE 80-2000	
S_f	Factor divisor de la corriente de falla	0,21	Formula 63 Pag. 72 IEEE 80-2000	
CÁLCULO DE VOLTAJES PERMISIBLES DE PASO Y TOQUE				
	Peso de la persona para estimación		Persona de 70 kg	
E_p	Voltaje de paso tolerable (V)	1.066	Formula 29 y 30 Pag. 27 IEEE 80-2000	
E_t	Voltaje de toque tolerable (V)	793	Formula 32 y 33 Pag. 27 IEEE 80-2000	
C_s	Factor de decremento de la capa superficial	0,86	Formula 27 Pag. 23 IEEE 80-2000	
CÁLCULO DE VOLTAJES MAXIMOS DE PASO Y TOQUE				
GPR	Máxima elevación del potencial de tierra GPR (V)	94		
E_m	Voltaje de malla en caso de falla (V)	17	Formula 80 Pag. 91 IEEE 80-2000	
E_s	Voltaje de paso en caso de falla (V)	56	Formula 92 Pag. 94 IEEE 80-2000	
CÁLCULO DE FACTORES GEOMETRICOS				
n	Factor geométrico compuesto de factores: na, nb, nc y nd	8,18	Formula 84 Pag. 93 IEEE 80-2000	
n_a	Factor geométrico	8,14	Formula 85 Pag. 93 IEEE 80-2000	

n_b	Factor geométrico	1,005	Formula 86 Pag. 93 IEEE 80-2000
n_c	Factor geométrico	1,000	Formula 87 Pag. 93 IEEE 80-2000
n_d	Factor geométrico	1,000	Formula 88 Pag. 93 IEEE 80-2000
	CÁLCULO DE FACTORES CORRECCION		
K_m	Factor de separación para el voltaje de la malla	0,47	Formula 81 Pag. 93 IEEE 80-2000
K_{ii}	Factor de ponderación correctivo que se ajusta a los efectos de los conductores internos en la esquina de la malla	0,51	Formula 82 Pag. 93 IEEE 80-2000
K_h	Factor de ponderación correctivo que hace hincapié en los efectos de la profundidad de la red	1,14	Formula 83 Pag. 93 IEEE 80-2000
K_i	Factor de corrección por geometría de la malla	1,855	Formula 89 Pag. 94 IEEE 80-2000
K_s	Factor de separación para el voltaje de paso	1,089	Formula 94 Pag. 94 IEEE 80-2000
	EVALUACION DE RESULTADOS		
1	¿La resistencia de puesta a tierra R_g obtenida es menor que la resistencia requerida?		***SI, el diseño cumple con el requerimiento***
2	¿Es GPR menor que el voltaje de contacto tolerable?		***SI, el diseño cumple con el requerimiento***
3	Bajo condiciones de falla, ¿Es el voltaje de malla (E_m) menor que el voltaje de contacto tolerable (E_g)?		***SI, el voltaje de malla cumple con el requerimiento***
4	Bajo condiciones de falla ¿Es el voltaje de paso (E_s) menor que el voltaje de paso tolerable (E_g)?		***SI, el voltaje de paso cumple con el requerimiento***

Por tal motivo se propone un sistema rectangular con 4 varillas y cable 1N° 2/0 AWG con soldadura exotérmica, este SPT se conecta al tablero principal de baja tensión y el cual será el punto de conexión del sistema solar. Se utiliza cable N°8 AWG del inversor hasta el tablero, y el cable N°6 AWG del tablero hasta la malla.

j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Estos cálculos no fueron evaluados, debido a que es una instalación de uso final, adicionalmente, teniendo en cuenta que un sistema de generación PV, la corriente no aumenta proporcionalmente a la demanda instantánea de las cargas, por el contrario esta depende es la directamente de la condiciones instantáneas de la radiación y la temperatura, por lo cual, la corriente máxima se determina por los datos de placa del inversor o los módulos PV, lo cual solo se alcanza en pequeños lapsos de tiempo.

Finalmente, los costos de la energía eléctrica serán los consumos generados por las cargas dependiendo su uso y el tiempo de operación, los cuales serán facturados por el OR, sin embargo, teniendo en cuanta la implementación de la planta PV bajo la modalidad AGPE con entrega de excedentes, los costos de energía eléctrica consumida de la red eléctrica convencional tienden a disminuir significativamente.

k. Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.

Para la verificación, se tiene en cuenta la capacidad de los conductores conforme a la capacidad de interrupción de las protecciones, y así protegiendo adecuadamente la instalación. Los conductores se escogieron de acuerdo con su ampacidad por temperatura a 60°C si la corriente a conducir es menor o igual a 100A, y a 75°C si la corriente es mayor a 100A, esto calculado de acuerdo con los equipos y cargas calculadas. Para la selección de los conductores se tuvo en cuenta el nivel de aislamiento presentado en la Tabla 3.10.16 de la NTC 2050.

l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.

Para el montaje de del sistema fotovoltaico se utilizan estructuras soportadas en aluminio, las cuales ofrecen una fácil instalación y alta compatibilidad. En planos se especifican los esquemas de construcción, y para la estructura soporte de los paneles solares, se describe a continuación los elementos que lo componen:

COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA

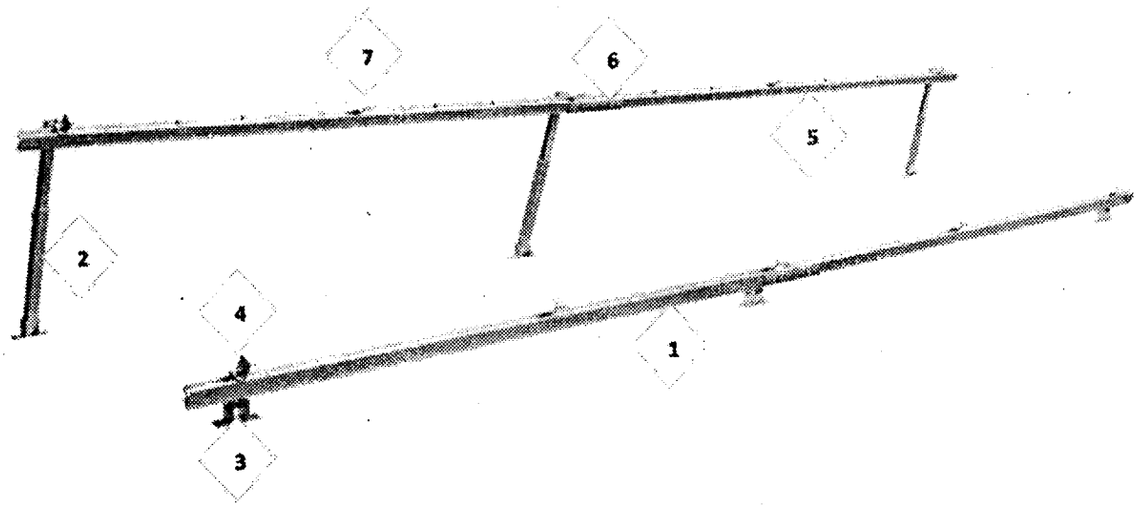
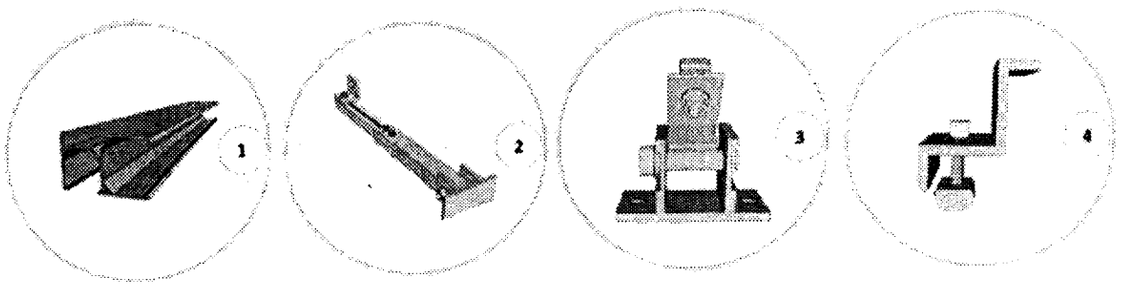
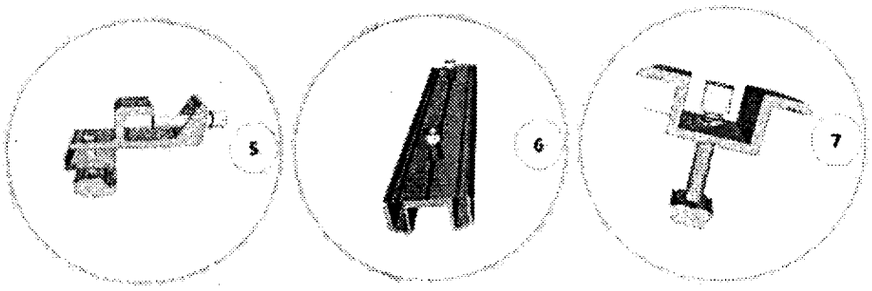


Ilustración 1. Componentes para montaje de paneles solares





ESTRUCTURA SOPORTADA EN ALUMINIO ANODIZADO DE 2.4M (PARA 2 PANELES)

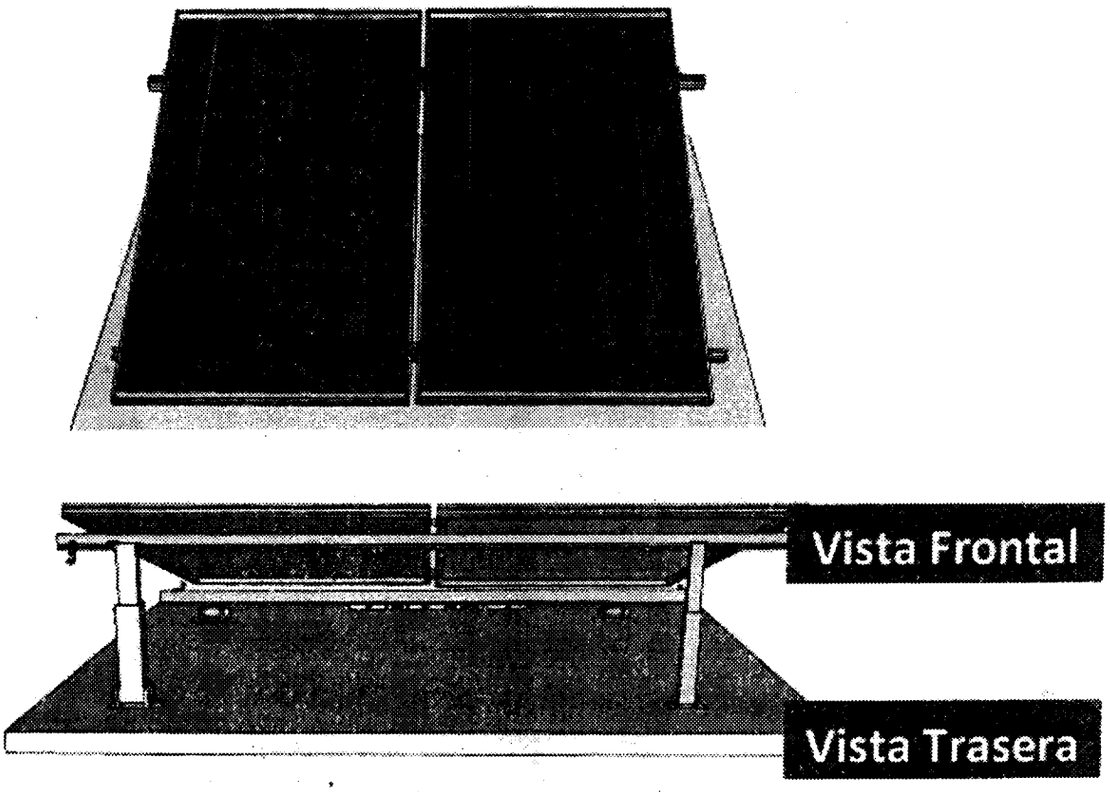
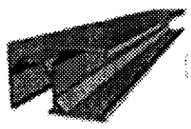
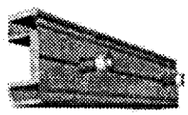
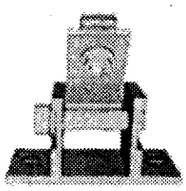
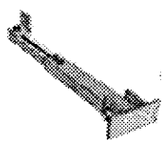
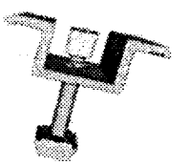
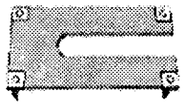


Ilustración 2. Vistas de estructura para paneles soportada en aluminio anodizado

A continuación, se describen la cantidad de elementos a utilizar para la construcción de la estructura para el soporte de los paneles solares del proyecto.

IMAGEN	ARTICULO	PESO(KG)	CANTIDAD PARA LA INSTALACION	DESCRIPCION

	Riel de aluminio anodizado (4700 mm)	3.4	17	Un componente ubicado en la parte posterior del módulo, a una distancia mínima equivalente a dos celdas desde el marco del módulo tanto en la parte superior como inferior, asegurando la correcta posición del riel para facilitar su acoplamiento con las ranuras de los demás elementos.
	Unión de perfil (riel de aluminio)	0.06	18	Si se instalan más de dos estructuras en riel, este componente se vuelve indispensable, ya que sirve para conectar dos estructuras. Se coloca al final de cada riel y luego se ajusta correctamente.
	Grapa delantera ajustable. con almohadilla de goma. Puede utilizarse también la L Feet o LClamp (Para este caso se utilizará la LClamp)	0.3	28	Este componente debe instalarse en la parte inferior del módulo, asegurándose de que la pieza móvil con un ángulo de 90 grados y la pieza de anclaje queden posicionadas dentro de la ranura del riel.
	Pata trasera ajustable Reforzado 15-30°	0.9	0	Este componente se instala en la parte superior del módulo, asegurando que la pieza móvil con un ángulo de 90 grados, ubicada en la parte inferior, quede alineada con el perfil de aluminio de la pata trasera. Es importante considerar la orientación de la pata para facilitar el

				empalme con la pieza de anclaje, que debe insertarse en la ranura del riel.
	Abrazadera intermedia de 35mm	0.06	52	Estos componentes se instalan en la parte central entre dos módulos, tanto en la unión superior como en la inferior. Se debe respetar la alineación con la abrazadera final (end clamp) y mantener una distancia mínima de dos celdas desde el marco del módulo en los lados superior e inferior.
	Abrazadera final de 35mm	0.05	12	Este componente se instala al final de cada riel, tanto en la parte superior como en la inferior, con el propósito de asegurar y fijar los módulos fotovoltaicos, evitando cualquier deslizamiento.
	Lug de puesta a tierra	0.03	0	Este componente es fundamental para el aterrizaje a tierra del sistema. Se instala de forma perpendicular al final del riel. Es necesario colocar uno de estos componentes por cada "string" o rama del sistema.
	Grapa de puesta a tierra o Ground Lug	0.005	29	Se coloca debajo de la abrazadera central (middle clamp), entre el marco del módulo y el riel, con el propósito de garantizar la continuidad eléctrica entre ambos materiales de aluminio.

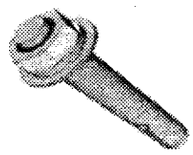
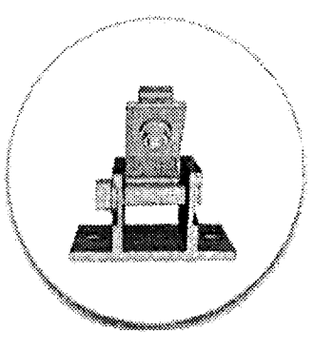
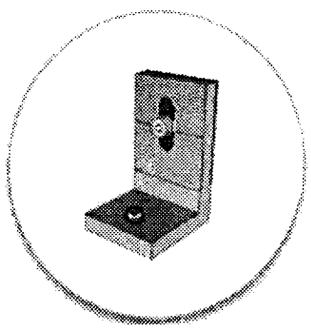
	Tornillo Autoperforante	0.07	60	Elemento de expansión utilizado para asegurar los elementos de sujeción.

Tabla 4. Elementos de Sujeción para soporte de paneles solares.

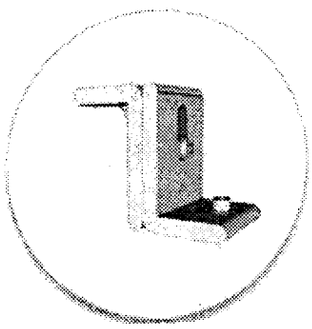
Cabe resaltar que, para montajes de estructuras en techos planos, se puede reemplazar la grapa delantera ajustable por una abrazadera tipo L.



Grapa delantera ajustable



Abrazadera tipo "L feet"



Abrazadera tipo "L foot"

Ilustración 3. Tipos de abrazadera para montaje de paneles en riel

CRITERIOS POR CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Para el diseño se debe considerar al menos lo siguiente:

- Ubicación donde se instalará el sistema fotovoltaico.
- Orientación e Inclinación de los paneles fotovoltaicos.
- Tipo de soporte para los paneles fotovoltaicos.
- Condiciones del suelo o techo donde se ubicarán los soportes.
- Espacio o superficie disponible en metro cuadrado (m^2).
- Radiación solar del lugar.
- Evaluación de posibles sombras.
- Condiciones generales donde se vaya a ubicar.

PROCEDIMIENTO:

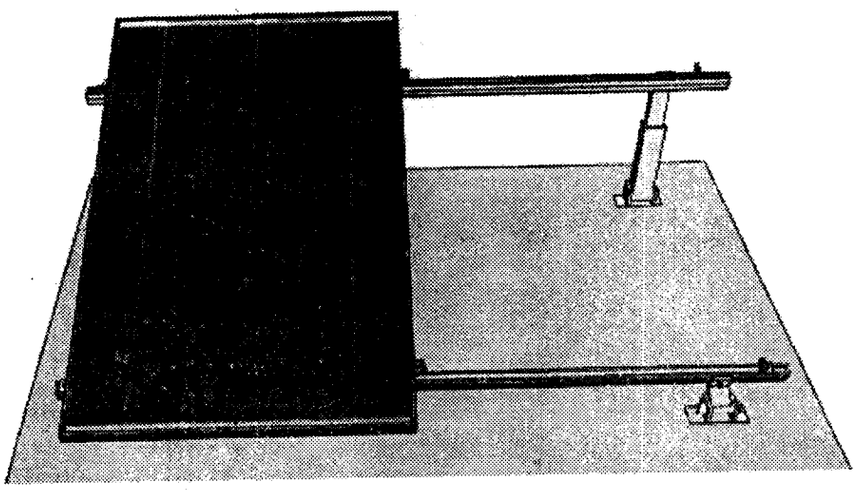
1. Mediciones iniciales:
- Determinar las dimensiones del espacio.
- Colocar las patas delanteras y traseras en un rango vertical de 1.20m a 1.70m.
- Ubicar las patas a 0.5m de los extremos del riel, ajustándose a las dimensiones del módulo y riel.

2. Techos inclinados:
- Las patas traseras se sustituyen por patas delanteras.
- Se respeta el mismo número de patas.

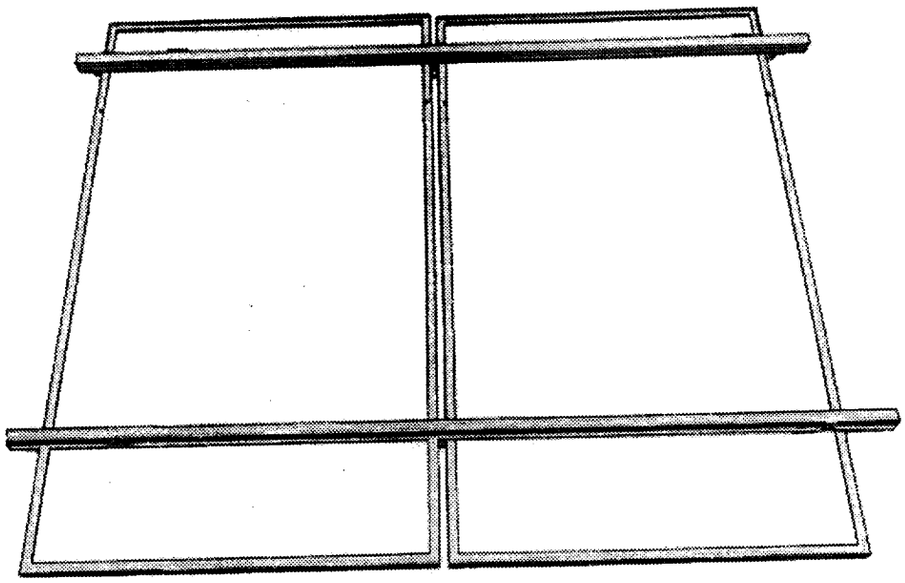
3. Uso de componentes adicionales:
- Si hay más de una estructura, se utiliza una unión de riel para unir los rieles.

4. Perforaciones y fijaciones:
- Hacer perforaciones con una broca de 1/2 pulgada.
- Aislar los orificios con silicón.
- Colocar taquetes expansivos M8X60.
- Colocar las patas correspondientes.
- Usar un pedazo de caucho o neopreno entre las patas y la superficie antes de fijarlas.

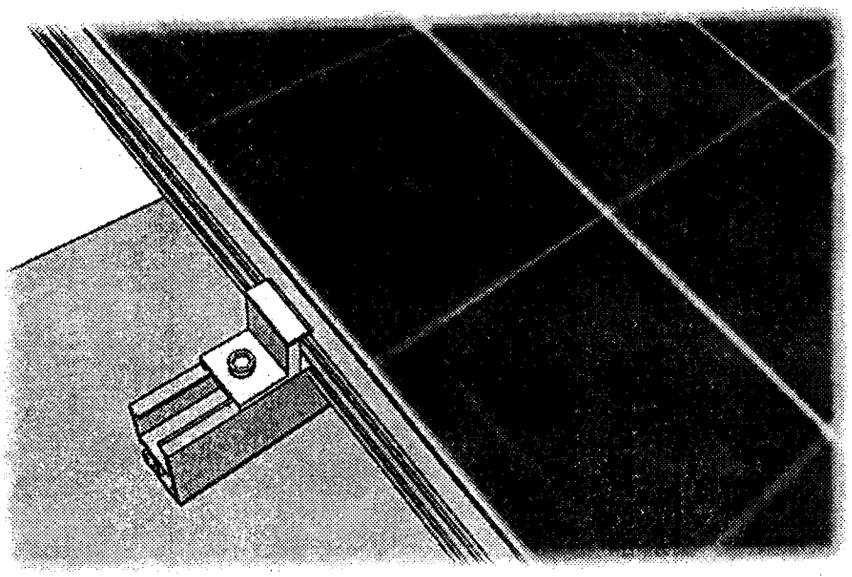
5. Colocación del riel:
- Después de fijar las patas, se colocan los rieles en la parte alta y baja de la estructura.



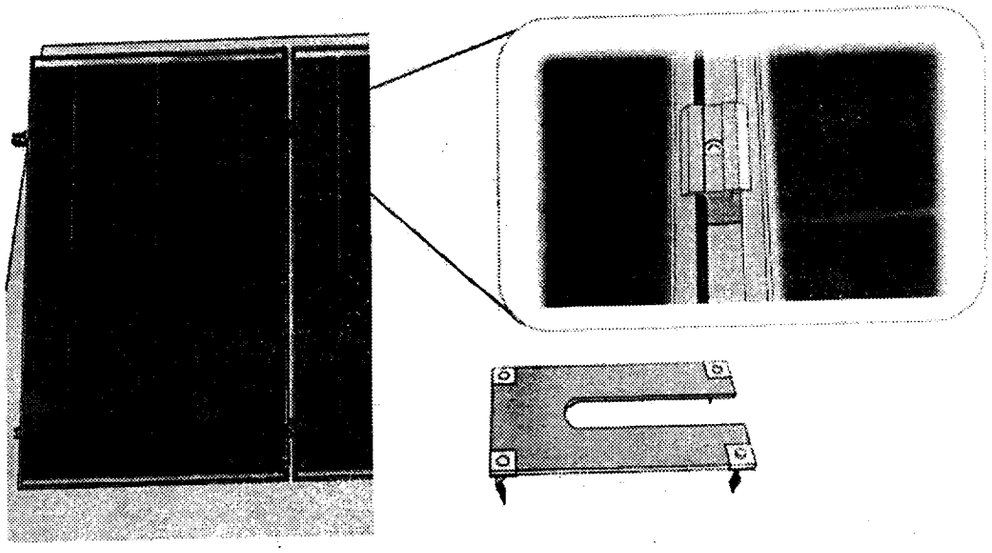
Instalar los módulos sobre los rieles, asegurándose de considerar la orientación del sistema fotovoltaico. La caja de diodos de protección debe ubicarse en la parte superior, hacia el lado de la pata ajustable trasera.



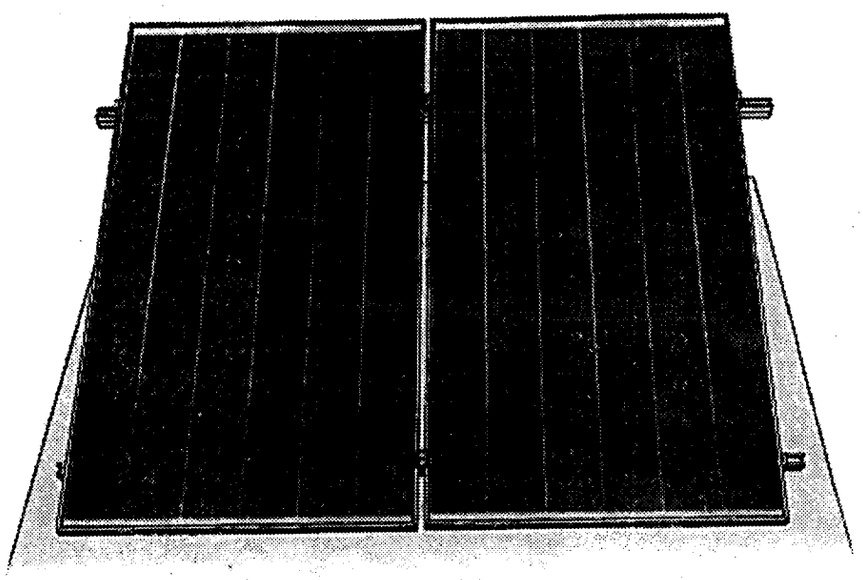
Coloque o ajuste la abrazadera final en las partes superior e inferior del riel y asegúrela. Después de instalar el primer módulo, utilice una llave Allen de 6 mm, que es indispensable para todos los elementos de la estructura.



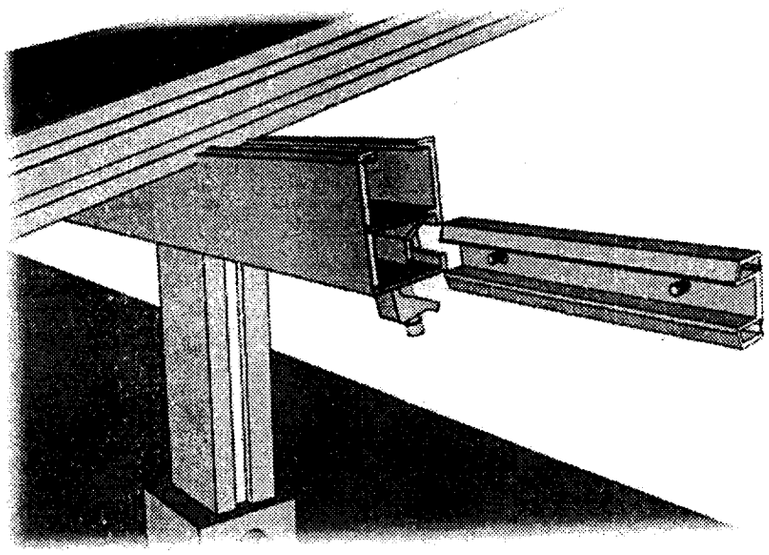
Desplace el siguiente módulo hacia un costado del primero y, a continuación, instale o ajuste la abrazadera central. Una vez colocada la abrazadera, proceda a instalar el clip de conexión a tierra en el mismo lugar.



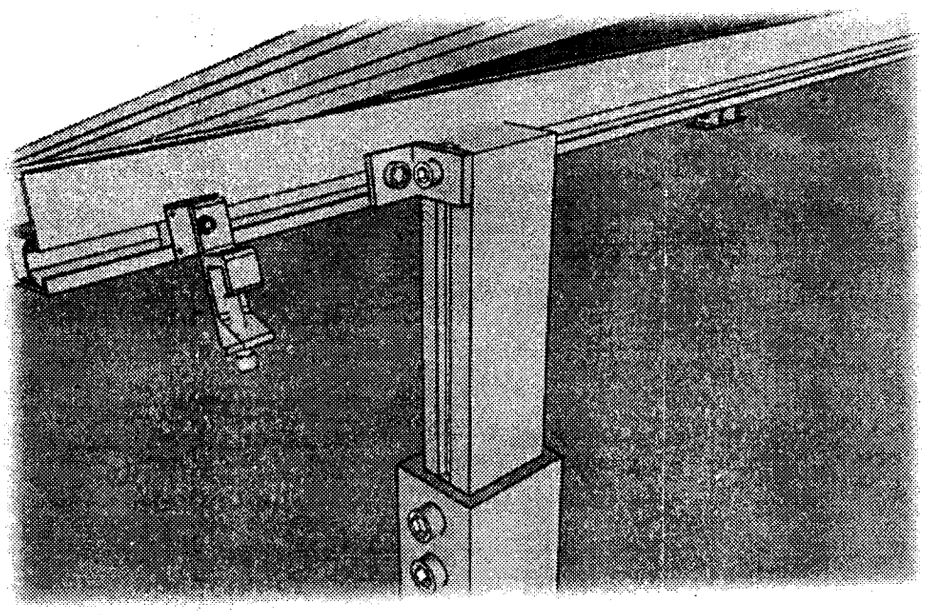
La instalación de la abrazadera central y el clip debe realizarse antes de colocar el módulo, ya sea deslizándolos a lo largo del riel o fijándolos con tornillos. Este procedimiento debe repetirse según el tipo de estructura, ya sea de 2 metros para dos módulos o de 4 metros para cuatro módulos. Las terminales del clip se conectan y empalman con el riel. Finalmente, coloque o ajuste la abrazadera final en las partes superior e inferior del riel, asegurándola después de instalar el último módulo. Esto garantiza que los módulos queden firmemente sujetos y evita cualquier desplazamiento.



Si se tienen varias estructuras conectadas entre sí, es necesario emplear un empalme de riel por cada conexión. En otras palabras, se utilizará un empalme para unir dos estructuras a través del mismo riel.



Instale el tope de tierra en la parte superior del riel, asegurándolo correctamente. Este componente es esencial para garantizar el aterrizaje a tierra del sistema y debe colocarse de forma perpendicular al final del riel. Se debe colocar un tope de tierra por cada string o cadena del sistema.



CONEXIÓN DE MC4

MC4 son conectores eléctricos de un solo contacto utilizados para la conexión de módulos fotovoltaicos. Las siglas MC4 significan Multi-Contact y un 4 para el pin de contacto de 6mm (diámetro). Se recomienda que todos sus componentes sean ensamblados igual al esquema que se muestra, para evitar posibles arcos eléctricos. Cuando el pin es colocado en el Coupler body se tiene que escuchar un click donde se asegura que el pin fue ensamblado correctamente. De igual forma, se tiene que escuchar un click en el momento en el que el conector positivo y el negativo estén correctamente ensamblados entre sí.

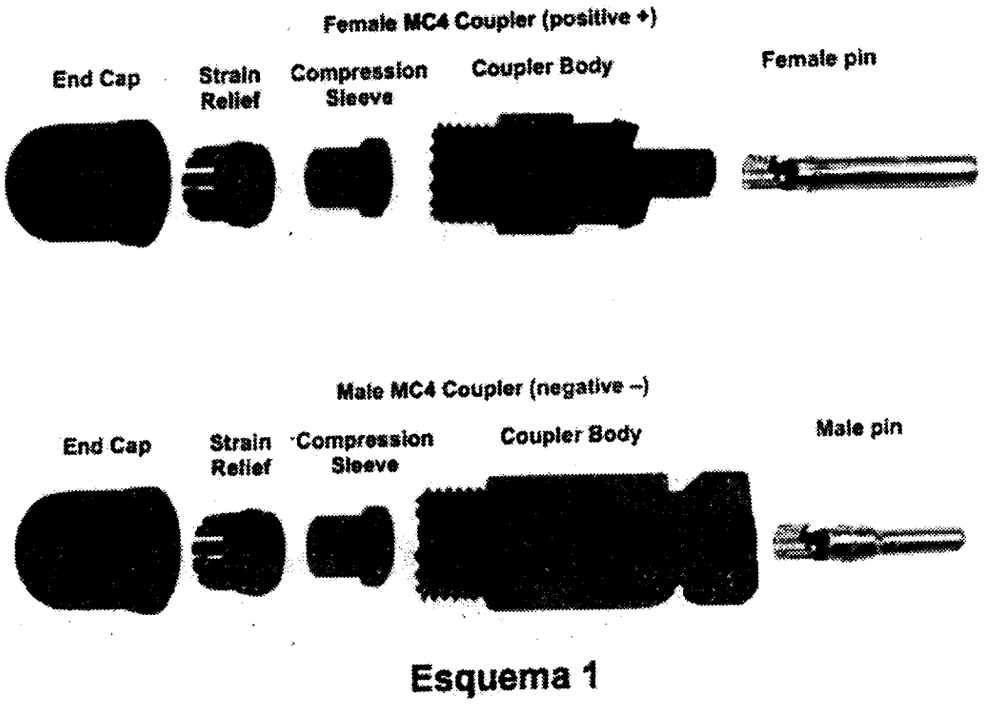


Ilustración 4. Esquema de conexiones para conectores MC4 Macho y Hembra.

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

Para determinar la selección de las protecciones, según la potencia de los módulos PV, a continuación, se describe el proceso:

• ZXM8- TPLDD132 SERIES

Basado en la NTC 2050 – Sección 690-9A, teniendo la corriente de corto circuito del módulo, se calcula la protección a utilizar en el gabinete en DC, determinándose así:

Protecciones de sobre corriente:

Para el sistema fotovoltaico de lado DC se utilizarán fusibles como medida de protección contra sobre corrientes, y estos no deben ser menores al 125%, según la NTC 2050 – Sección 690-8a. Por lo tanto:

$I_{PTM} = I_{MAX} * 25\%(MPPT)$

$I_{PTM} = I_{MAX} * 1.25$

$I_{PTM} = 18.27 * 1.25 = 22.83A \approx 25A$

Dados los cálculos, se seleccionan fusibles de 2x25A (+),(-) y 1000Vdc para cada cadena o string de paneles. Siendo un total de 2 fusibles de 2x25A para todo el sistema.

Para determinar la selección de las protecciones el conjunto de inversores (AC) se toma como base la corriente de salida de cada inversor:

• SUN-5-12K-SG02LP2-US-AM2.

Teniendo en cuenta la corriente a la cual trabaja el inversor el interruptor termomagnético estará dado por la corriente máxima de este, multiplicado por un factor de seguridad del 1.25.

$$I = \frac{5000}{220}$$

$I = 22.7A * 1.25$

$I = 28.125A$

Por lo tanto, se decide instalar una protección termomagnética AC de 2*40A industrial para el inversor. Este valor se escoge por temas de comercialización y es el más cercano a la corriente calculada.

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

Basados en lo establecido en las tablas 1 – 5 del Capítulo 9 de la NTC 2050, se realiza la selección de las canalizaciones:

Canalización DC – AC.

- DC

TRAMO: PANELES - INVERSOR			
Tabla 1 - Tabla 5 Capitulo 9 NTC 2050	Tubo Conduit PVC E IMC Ø3/4"	Tubo Conduit IMC Ø3/4"	Cable XLPE 2N°6mm²
1	10.52%	344.2mm2	36.2mm2
2	10.52%	344.2mm2	36.2mm2
**Sección calculada a partir de la ficha técnica del fabricante, debido a que la tabla 5 del capítulo 9 de la NTC 2050 no menciona la referencia XLPE. Para más de dos conductores, el llenado máximo permitido es 40% del área de la tubería.* *Se debe tener en cuenta que se toma de ejemplo el tramo de solo 2 cadenas de paneles. Por tanto, se entiende que son 2 cadenas por inversor, siendo un total de 2 cadenas de paneles.*			

Tabla 5. Calculo Tubería DC-AC, para 2 cadenas de paneles con su respectiva puesta a tierra.

- AC

TRAMO: INVERSOR DE DISTRIBUCION A TABLERO PRINCIPAL DEL MICROACUEDUCTO			
Tabla 1 - Tabla 5 Capitulo 9 NTC 2050	Tubo Conduit PVC O EMT Ø1"	Tubo Conduit PVC O EMT Ø1"	Cable THHN-2 2N6°2F+ 1N6 AWG
Tablero de distribucion	15.42%	536.7mm2	82.73mm2
**Sección calculada a partir de la NTC 2050. Para más de dos conductores, el llenado máximo permitido es 40% del área de la tubería.*			

Tabla 6. Calculo Tubería de inversor a tablero AC, con su respectiva puesta a tierra.

o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Las pérdidas de energía no son tenidas en cuenta debido a que, el factor de potencia del inversor según fichas técnicas es >99% (1 aprox) y para armónicos THD <3%.

p. Cálculos de regulación de tensión.

Cálculo de caída de tensión DC

Para este caso, se describen los cálculos de la caída de tensión en los conductores que conforman cada una de las cadenas; sin embargo, para efectos de este documento, solo se van a reflejar los cálculos para la distancia más crítica de la instalación, como lo es el string o cadena que está más alejada del cuarto eléctrico donde se encuentra el inversor.

Teniendo en cuenta la corriente de máxima potencia del módulo:

$I_{mp} = 17.29A$

$V_{mp} = 40.5V$

$10\ AWG\ XLPE = 6mm^2$

Siendo 5 módulos de 40.5V:

La distancia es de aproximadamente 20m al inversor, (distancia total).

$$R = \rho * \frac{l}{A_T}$$

Siendo R la resistencia, p la resistividad del cobre $\Omega * \frac{mm^2}{m}$ a temperatura ambiente 25° (siendo este de 0.018), l la distancia total, y A_T el área en mm^2 del calibre a utilizar.

Reemplazando:

$$R = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m} * 20m * \frac{1}{6mm^2} = 0.1\Omega$$

Aplicando la ley de Ohm.

$V = I * R$

$V = 17.29A * 0.1\Omega = 1.72V$

Al estar los 5 módulos en serie su voltaje es de 202,5V.

$$\%Caida\ de\ tensión = \frac{1.72V}{202,5V} = 0.30\%$$

Para el tramo más crítico de las conexiones se observa una caída de voltaje menor a 4% el cual es el valor máximo permitido para este tipo de instalaciones. Por lo tanto, el calibre a utilizar cumple con los parámetros establecidos.

Cálculo de caída de tensión AC.

En el caso de la caída de tensión en AC, se tiene en cuenta la distancia desde el tablero de distribución 220/240 del inversor hasta el tablero principal existente. De la cual se estima una distancia aproximada de 8 metros.

$I = 91A$

$V = 220V$

$f.p = 0.9$ (Transformador)

$l = 8m$

$6\ AWG = 67.43\ mm^2$

Resistividad del cobre = $0.018\ \Omega * \frac{mm^2}{m}$ a temperatura ambiente 25°.

$$V\% = \frac{\rho * l * I * \text{f.p}}{Sección\ del\ conductor * V}$$

$$V\% = \frac{0.018 * 24 * 91 * 0.9}{67.43 * 220} = \frac{35.38}{14834.6} = 0.24\%$$

Para el tramo de conexión desde el tablero nuevo hasta el existente las conexiones se observa una caída de voltaje menor a 4% el cual es el valor máximo permitido para este tipo de instalaciones. Por lo tanto, el calibre a utilizar cumple con los parámetros establecidos.

CAIDA DE TENSION ZONA CRITICA PANELES A INVERSOR			
CALCULOS DC: PUNTO CRITICO STRING		**DATOS DE PLACA**	
ṕ Cobre [CU]	$0.018\ \Omega * \frac{mm^2}{m}$	PV [W]	700
ṕ Aluminio [AL]	-	Vmp [V]	40.5
Longitud Cable [m]	31	Imp [A]	17.29
Corriente Cortocircuito (Isc) [A]	18.27	Voc [V]	48.3
K Constante	2	Isc [A]	18.27
Voltaje de circuito abierto (Voc) [V]	48.3	CAIDA DE TENSION %	
Voc Total [V]	202.5		
N° Módulos en serie	5	0.30%	
N° Módulos en paralelo	0		
Sección Transversal [mm²]	6		
K %	100		
CARACTERISTICAS DEL STRING			
N° Modulos en Serie	5		
Potencia Arreglo [W]	3500		
Voltaje Total (Vmp) [V]	202,5		
Corriente Total (Imp)	17.29		

Tabla 7. Cálculo de caída de tensión en DC.

CAIDA DE TENSION DE LADO AC	
CALCULOS AC: TABLERO A TABLERO	**CAIDA DE TENSION**

ρ Cobre $[\Omega * \frac{mm^2}{m}]$	0.018	$V\% = \frac{\rho * l * I * f.p}{Sección\ del\ conductor * V}$

ṕ Aluminio [AL]	-	0.24%
Longitud Cable [m]	8	
Corriente máxima (Imáx) [A]	91	
Factor de potencia (f.p)	0.9	
Red trifásica (si aplica)	NO	
Nivel de tensión [V]	220	
Sección transversal del cable mm²	67.43	

Tabla 8. Cálculo de caída de tensión en AC.

q. Áreas clasificadas como peligrosas.

No aplica. No existe acumulación de gases, ni existen condiciones peligrosas que permitan categorizar la instalación como tipo especial.

r. Diagramas unifilares.

Anexos, Diagrama Unifilar en hoja completa tamaño A4.

s. Planos eléctricos para construcción.

Los planos o diseños eléctricos elaborados se encuentran en formato .DWG adjuntados en el proyecto.

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Se recomienda la implementación de un sistema de ventilación forzada y cruzada, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo del conjunto inversores dentro del lugar destinado para la ubicación equipos,

permitiendo mantener el cuarto eléctrico fresco, mejorando así, las condiciones para la disipación de calor de los equipos.

u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.

No aplica, debido a que no se tiene redes energizadas en sitio. Sin embargo, queda anexada dentro de los detalles del plano las distancias de seguridad requeridas por el RETIE para tableros de baja tensión.

v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

No aplica. No hay ninguna desviación técnica de la normatividad o reglamento técnico vigente.

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

No aplica. El diseñador queda exonerado de cualquier responsabilidad si estos cálculos y distribuciones son alteradas o modificadas sin autorización previa escrita en su diseño original, por parte del cliente, terceros o si la construcción no se hace de acuerdo con el diseño.

x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.

DIMENSIONAMIENTO GENERAL

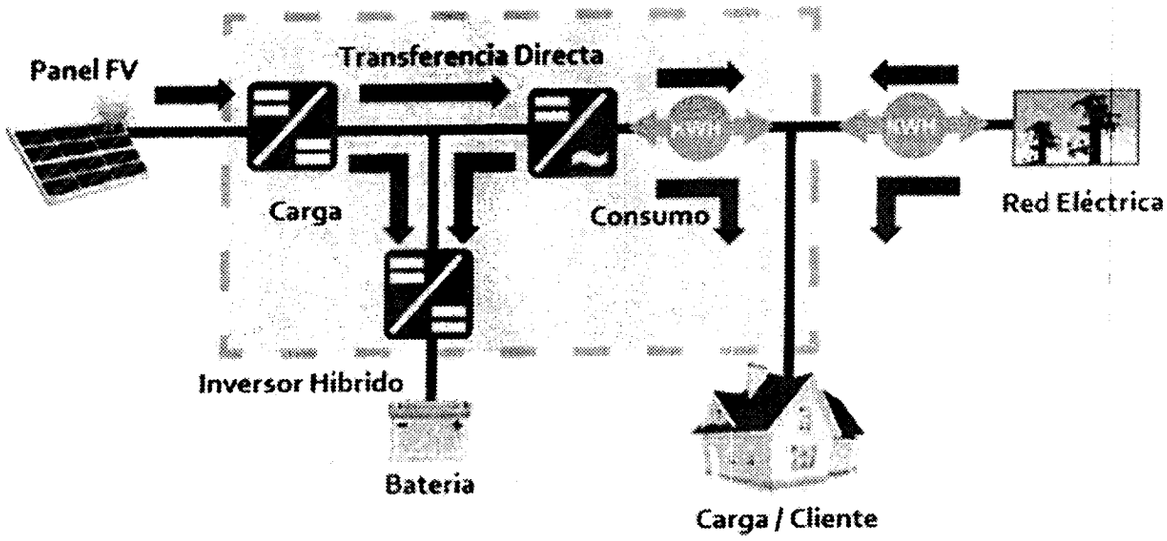


Ilustración 5: Sistema Hibrido

Como dato de partida para este sistema, se tuvo en cuenta el área disponible para la instalación de este sistema dentro de la entidad, por tanto, lo que se busca es aprovechar la mayor cantidad de espacio disponible y teniendo en cuenta también la capacidad del transformador. Se conocen los consumos de la entidad (facturas de energía), los cuales se muestran en la tabla 1, relacionando estos datos; se plantea la planta de generación fotovoltaica para un uso racional de la energía de los equipos que se van energizar, esto para poder tener una relación técnico-económica coherente y sostenible. Sumado a esto, además de que el sistema puede funcionar en simultaneidad con la red eléctrica del operador. Sumado a esto, para los siguientes cálculos se anexa la factura de energía de la entidad (Ver anexos).

Consumo de energía promedio semestral de la entidad.

CONSUMO MENSUAL	
MES 1	553
MES 2	601
MES 3	448
MES 4	680
MES 5	720
MES 6	430
PROMEDIO	**572**
CONSUMO DIARIO	**19.06**

Tabla 9. Consumo promedio de la entidad según facturas de OR

El dimensionamiento estará basado en los datos entregados por la meteorología y superficie de la IDEAM, que para el municipio de Sincé tiene como promedio de irradiación de 5-5.5 horas sol, por tal motivo se tomara el valor de 5 para efectos del cálculo.

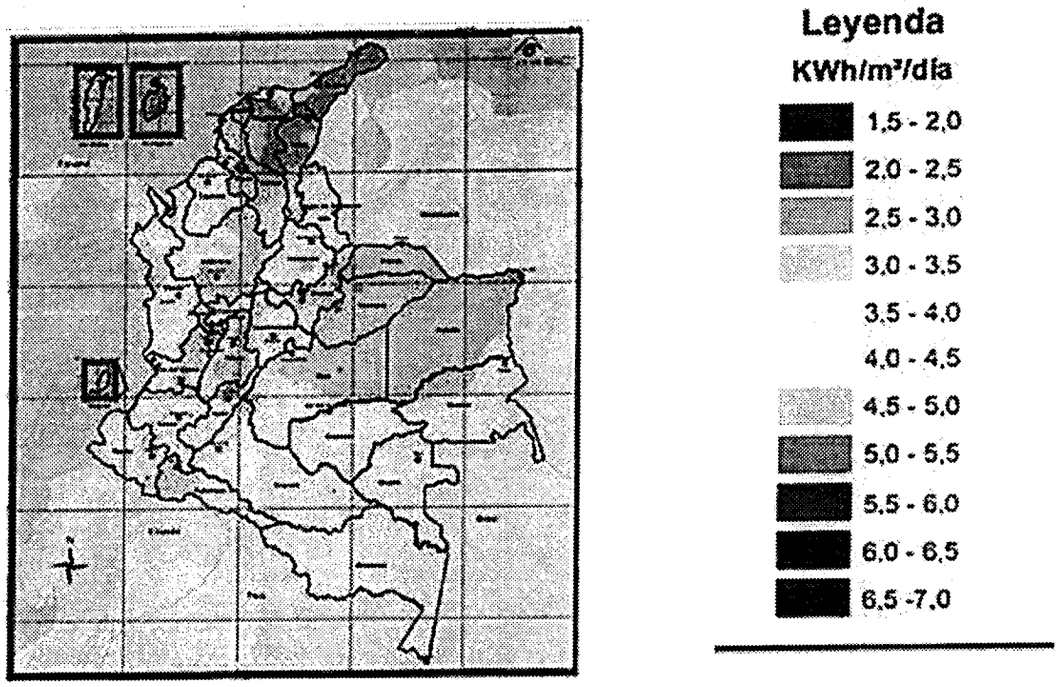


Ilustración 6. Irradiación en Colombia FUENTE: IDEAM

Teniendo en cuenta los datos anteriores se calcula el número de paneles solares teniendo en cuenta la potencia por panel de 700W y un factor de seguridad del 60%

$$N_{total} = \frac{E * 1.6}{P_{panel} * h}$$

Donde E es la energía diaria consumida en vatios hora/día y h es la irradiación de la zona:

$$N_{total} = \frac{19.06 * 1000 * 1.6}{700 * 5} = 8.71$$

$$N_{total} = 8$$

Se implementa una Sistema solar con 9 paneles de 700W, esto debido a que, aunque según los cálculos se necesitan 8 paneles, se plantea utilizar la totalidad disponible en piso (área en planos). Esto, en términos de eficiencia es beneficioso, ya que se podría suplir mucha más energía durante las horas pico de sol y se puede exportar los excedentes a la red. Teniendo en cuenta esta información, se calcula la potencia pico del Sistema PV.

$$P_{pico} = \frac{9 * 700}{1000} = 29.4$$

$$P_{pico} = 6.3kWp$$

Ahora, se calcula la potencia mínima del inversor:

$$Potencia\ mínima\ en\ inversores = \frac{Potencia\ sistema}{Factor\ de\ seguridad} = \frac{6300W}{1.25} = 5040W$$

Se requiere para los inversores una potencia de 5040W, para esto, se implementa 1 inversor de 5KW teniendo en cuenta potencia máxima admisible (potencia pico) sin ser sobrecargada por encima de lo recomendada por el fabricante.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se pretende realizar un sistema de autogeneración a pequeña escala en la **MICROACUEDUCTO RURAL DE BAZAN con NIC 5865956,** para cubrir la energía consumida por la entidad.

Actualmente el consumo energético la entidad es de 572 kWh/Mes en promedio, siendo así, mediante la implementación de la planta solar se pretende generar 750 kWh/mes promedio, teniendo como soporte las simulaciones (ver anexos) con los parámetros del sistema y el sitio, brindando como aporte un 100% de ahorros en los costos operativos por parte del operador de red AFINIA. Teniendo en cuenta ciertas perdidas y que en horas de baja irradiación el operador de red cubre lo que la generación fotovoltaica no pueda suministrar.

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto de autogeneración Fotovoltaica de 6,3 kWp se localiza en las coordenadas geográficas 9.328543, -75.110564, Bazan, Sucre.



Ilustración 7. Ubicación del Proyecto.

3. OBJETO.

Detalle al diseño de un sistema solar fotovoltaico de 6,3kWp en las instalaciones de Microacueducto Bazan, Since, Sucre. Colombia.

4. CONSTRUCTOR DE OBRA.

No aplica dentro de la fase de diseños y planteamiento del proyecto.

5. CARACTERÍSTICA DE LA CARGA.

La alimentación de los tableros corresponde a circuitos auxiliares, luces y tomacorrientes, las cargas principales son cargas no lineales como computadores, cámaras y o electrodomésticos.

6. PROYECCIÓN DEL SISTEMA PV.

Teniendo en cuenta el punto de conexión seleccionado (PC) y el área disponible en piso, se agrupan el sistema solar de la siguiente forma:

CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO					
MPPT	P. PANEL	#PANELES	P TOTAL	UBICACION	INVERSOR
#1	700	5	3500	PISO	5 KW - #1
#2	700	4	2800	PISO	5 KW - #1

Tabla 10. Conformación del proyecto PV.

7. SELECCIÓN DEL INVERSOR

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente en el dimensionamiento general, disponibilidad de equipos y las características del punto de conexión, para la implementación proyecto se dispondrá de 1 inversor, (Voltaje nominal 220V, 2L+PE). No se implementa un transformador para conectarse al TGBT el cual su funcionamiento es a 220V.

8. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS EQUIPOS

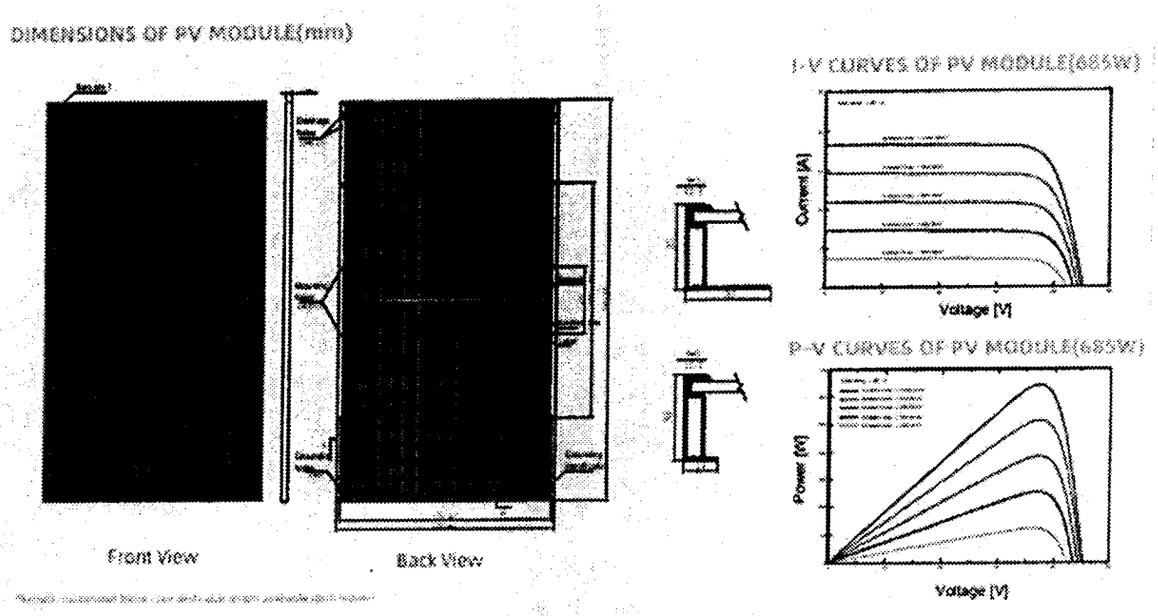
- SUN-5-12K-SG02LP2-US-AM2

Technical Data

Model	SUN-5K-SG02 LP2-US-AM2	SUN-6K-SG02 LP2-US-AM2	SUN-7.6K-SG02 LP2-US-AM2	SUN-8K-SG02 LP2-US-AM2	SUN-10K-SG02 LP2-US-AM3	SUN-12K-SG02 LP2-US-AM3
Battery Input Data						
Battery Type	Lead-acid or Lithium-ion					
Battery Voltage Range (V)	40-60					
Max. Charging Current (A)	120	135	190	190	220	250
Max. Discharging Current (A)	120	135	190	190	220	250
Charging Strategy for Li-ion Battery	Self-adaption to BMS					
Number of Battery Input	1					
PV String Input Data						
Max. PV Input Power (W)	7500	9000	11400	12000	15000	18000
Max. PV Input Voltage (V)	500					
Start-up Voltage (V)	125					
MPPT Voltage Range (V)	150-425					
Rated PV Input Voltage (V)	370					
Max. Operating PV Input Current (A)	20+20		26+26		26+26+26	
Max. Input Short-Circuit Current (A)	44+44		44+44		44+44+44	
No. of MPP Trackers/ No. of Strings MPP Tracker	2/2+2				3/2+2+2	
AC Input/Output Data						
Rated AC Input/Output Active Power (W)	5000	6000	7600	8000	10000	12000
Max. AC Input/Output Apparent Power (VA)	5000	6000	7600	8000	10000	12000
Rated AC Input/Output Current (A)	20.9	25	31.7	33.4	41.7	50
Max. AC Input/Output Current (A)	20.9	25	31.7	33.4	41.7	50
Max. Continuous AC Passthrough (grid to load) (A)	35	40	50		60	
Peak Power (off-grid) (W)	2 times of rated power, 10s					
Power Factor Adjustment Range	0.9-1					
Rated Input/Output Voltage/Range (V)	120/240, 208 0.85Un< U< 1.1Un					
Rated Input/Output Grid Frequency/Range (Hz)	60/55-65					
Grid Connection Form	2L+N+PE					
Total Current Harmonic Distortion THDi	<3% (at nominal power)					
DC Injection Current	<0.5% In					

Ilustración 8. Datasheet inversores 5-kW.

• PANEL SOLAR 700-W



ELECTRICAL CHARACTERISTICS | STC*

Nominal Power Watt-Pmax(W)*	670	675	680	685	690	695	700
Maximum Power Voltage Vmp(V)	39.30	39.50	39.70	39.90	40.10	40.30	40.50
Maximum Power Current Imp(A)	17.05	17.09	17.13	17.17	17.21	17.25	17.29
Open Circuit Voltage Voc(V)	47.16	47.36	47.56	47.76	47.96	48.16	48.36
Short Circuit Current Isc(A)	18.03	18.07	18.11	18.15	18.19	18.23	18.27
Module Efficiency (%)	21.57	21.73	21.89	22.05	22.21	22.37	22.53

MECHANICAL DATA

Solar cells	N-type Monocrystalline
Cells orientation	132 (6×22)
Module dimension	2384×1303×35 mm (With Frame)
Weight	36.3±1.0 kg
Glass	2.0 mm+2.0mm, High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Junction box	IP 68, 3 diodes
Cables	4 mm², 330 mm (With Connectors)
Connectors*	MC4-compatible

Ilustración 9. Datasheet Panel solar 700W.

9. CONFORMACIÓN DE LAS CADENAS:

De acuerdo con las características de los equipos a utilizar, la configuración del sistema se determina de la siguiente manera:

• Ejemplo con el inversor: SUN-5-12K-SG02LP2-US-AM2.

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ serie = \frac{Voltaje\ máximo\ inversor}{Voltaje\ circuito\ abierto} = \frac{425}{48.3} = 8.79 \approx 9$$

Número de paneles en paralelo:

El inversor por utilizar tiene 2 MPPT con la **capacidad** de:

Max Isc: 20

Max Imp: 42

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ paralelo\ (Isc) = \frac{Isc\ máx\ MPPT\ inversor}{Corriente\ corto\ circuito\ panel} = \frac{20}{18.27} = 1.09$$

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ paralelo\ (Imp) = \frac{Imp\ máx\ MPPT\ inversor}{Imp\ circuito\ panel} = \frac{20}{17.29} = 1.15$$

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, se decide utilizar 2 MPPT del inversor con 5 en serie. Ahora, debido a que el lugar de instalación es en piso. Es importante aclarar, los inversores se pueden sobrecargar más de su potencia nominal en base a sus características eléctricas en el lado de DC.

• Sistema 1: 9 paneles de 700W y 1 inversor de 5kW conectados de la siguiente manera:

- Inversor 1:
  - MPPT 1: 5 Paneles en serie (Instalación en piso)
  - MPPT 2: 4 Paneles en serie (Instalación en piso)

Bajo esta configuración se respecta el voltaje máximo de entra del equipo y la corriente máxima permitida por MPPT; además no se sobrecarga los inversores por encima de lo recomendado por él fabricante, por lo cual se garantiza un rendimiento óptimo de los equipos.

Jesus Andres Payares
Ingeniero Eléctrico.
MP. AT 205-172063

ANEXOS.


afinia
NIC 6539223
$305.710
$ 305.710
$ 0,00
$ 0,00
$ 0,00
$ 305.710
Tu servicio de energía, es fácil por WhatsApp
Consulta tu factura, reporta daños y más
Escríbenos 304 243 3322
Con Soluciones
Encendiendo nuestra energía.
afinia
Documento equivalente electrónico
NIC 6539223
0
$ 305.710

Estado de cuenta

No. Facturas Vencidas: 0 Monto: $0 Fecha Ultimo Pago: 18/03/2026 Monto: $153.788

No. Facturas en mora pendientes: 0 Monto: $0 Tasa por mora vigente: 1,91%

Monto en reclamo: $

NOTA: El monto en reclamo no esta incluido en el total a pagar de esta factura.

Calidad del Servicio

Circuito / Transformador

CIRCUITO: SINCE 30|SEIGALERAS BELLAVIS CODIGO: 18836703 GRUPO CALIDAD: 33

DIUG.: 8340,08 FIUG.: 360 DIU.: 8870,52 FIU.: 64

Datos de lectura

Fecha Lectura Anterior: 16/02/2026 Fecha Lectura Actual: 18/03/2026 Dias Facturados: 30

Medidor	Tipo	Lectura Actual	Lectura Anterior	Factor Multiplic.	Consumo kWh
136694	Activa BT	46363	45643	1	720

Propiedad del Activo: Empresa MEDICION

Costo unitario $/kWh

G.	316,60
T.	50,62
FR.	116,94
R.	27,59
D.	197,10
C.	218,94

CU: 917,22

Datos de consumo

	Tarifa en $/kWh	Consumo kWh	Valor en $
Consumo	917,22	x 303	277.917,66
Contribucion	91,72	x 303	27.791,16

Total: 305.708

Detalle de conceptos facturados

	Valor ($)
Consumo	277.917,66
Contribucion	27.791,16
Aproximacion a decenas	-,84
Interes por Mora	1,79

Subtotal Energía $ 305.710

Otros conceptos facturados $ 0

Recomendaciones Importantes

- Una buena puesta a tierra protege tu vida y la de tu familia y la vida útil de tus electrodomésticos.
- Reemplaza tus electrodomésticos por unos más eficientes, ahorra energía, ahorra dinero.
- Mientras tengas luz solar no enciendas las bombillas.
- Pinta tu casa con colores claros para aprovechar la iluminación.
- No permitas que personas no capacitadas manipulen las instalaciones eléctricas.

Para mayor información consulta www.afinia.com.co

Puntos de Pago SUCRE

NIC 6539223

Total a Pagar $ 305.710

Total Neto $305.710

Fecha Limite 13/04/2026

Otros Cobros

PROYECTO AGPE- MICROACUEDUCTO GAVALDA, GUARANDA 11.2KWP.

DIRECCION: MICROACUEDUCTO RURAL DE GAVALDA, GUARANDA, SUCRE, COLOMBIA.

DESCRIPCIÓN BREVE: Sistema de conexión solar, ubicado en piso del Microacuducto rural de Gavalda, conformado por 16 paneles solares de 700W y 1 inversor de 10KW.

Introducción

El presente documento da respuesta al Libro 3, título 3, artículo 3.3.1. del Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas - RETIE, Resolución 40117 de 02 de abril de 2024, donde se detalla los procesos de ingeniería que intervienen en el desarrollo y construcción de un proyecto en fase de diseño, con el fin de sintetizar y estructurar toda la información previamente obtenida en campo.

Objeto

Dar a conocer los criterios de diseño determinados en los procesos de ingeniería que determinan los lineamientos bases, para la construcción y ejecución del proyecto.

Tabla de Contenido

a. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos 6

b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección. 10

c. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. 13

d. Coordinación de aislamiento eléctrico. 15

e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra. 15

f. Análisis del nivel tensión requerido 16

g. Cálculo de campos electromagnéticos. 17

h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga. 17

i. Cálculo del sistema de puesta a tierra 17

j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía. 20

k. Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente. 20

l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación. 21

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A. 30

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.) 31

o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. 32

p. Cálculos de regulación de tensión. 32

q. Áreas clasificadas como peligrosas 35

r. Diagramas unifilares. 35

s. Planos eléctricos para construcción. 35

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares 35

u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas 36

v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación. 36

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas 36

x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.....36

.....44

INTRODUCCION.

En la búsqueda constante de soluciones sostenibles y eficientes para satisfacer las necesidades energéticas, la adopción de sistemas de autogeneración fotovoltaica se ha convertido en una estrategia clave para las entidades públicas. La energía solar, una fuente renovable y limpia, no solo ofrece beneficios medioambientales, sino que también presenta oportunidades económicas significativas. Implementar un sistema de autogeneración fotovoltaica permite a las entidades públicas reducir su dependencia de fuentes de energía convencionales, disminuir los costos operativos y contribuir a la lucha contra el cambio climático.

El uso de paneles solares para generar electricidad ofrece ventajas múltiples, desde la reducción de la huella de carbono hasta la optimización de los recursos energéticos. La inversión en tecnología fotovoltaica no solo promueve la sostenibilidad, sino que también proporciona una mayor independencia energética y seguridad de suministro. Además, la adopción de estos sistemas puede servir como un modelo a seguir para la comunidad, demostrando el compromiso de la entidad con prácticas responsables y visionarias en la gestión de recursos.

A continuación, exploraremos los detalles técnicos para la implementación de un sistema de autogeneración fotovoltaica en el microacueducto de Gavalda en el municipio de Guaranda del departamento de Sucre que puede ofrecer a la entidad pública un impacto positivo tanto a nivel ambiental como económico y social.

RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO

1. Tipo de Cliente:

Mercado: Nivel 1 – Categoría: Oficial - Mercado regulado.

2. Potencia Máxima Proyectada:

El sistema solar fotovoltaico, se encuentra conformado por módulos solares ZXM8-TPLDD132 SERIES, específicamente el módulo de 700W donde la potencia asociada a cada tecnología se describe a continuación: 16 x 700W = 11,2kWp.

Es importante aclarar, que el conjunto de inversores que conforman el sistema de generación está compuesto por 1 unidad referencia, MID 10KTL3-XL2; para una potencia total 10kW AC con una tensión de trabajo de 220V.

3. Transformador:

El sistema bajo la modalidad de entrega de excedentes a la red, instalado en el Microacueducto Gavalda – guaranda, Sucre, Colombia, No se requiere trasformador adicional para la puesta en marcha del sistema de 11,2kWp, debido a que el inversor proyectado en su voltaje de salida es a 220V y el punto de inyección se encuentra a 220V el cual es el nivel de tensión del suministro de energía de la entidad.

4. Líneas y redes de B.T:

A pesar de que el suministro de energía por parte del OR al cliente, se realiza a un nivel de tensión 1, el proyecto solar fotovoltaico tiene proyectado 1 solo punto de conexión con la red eléctrica existente, ubicado en el tablero de baja tensión a 220V. Es importante mencionar, para la entrada en operación de los equipos, se requiere una alimentación (2L + PE).

5. Equipo de Medida:

Teniendo en cuenta que el proyecto a implementar es con entrega de excedentes, basados en la CREG 174 de 2021, se requiere cambio de medidor. Así mismo, teniendo en cuenta el artículo 12 - 14 de la CREG 174 no se debe realizar un estudio de conexión simplificado puesto que la capacidad total del sistema de generación es menor o igual a 100kW.

MEMORIAS DE CÁLCULO DEL PROYECTO

a. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Haciendo referencia al título 5 del RETIE 2024, articulo 1.5.1.3. Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes. El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo de origen eléctrico obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables. Teniendo en cuenta esta información, y en base al artículo 1.5.1.4.1 se elabora una matriz de análisis por riesgos con sus respectivas medidas para mitigarlos.

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION O QUEMADURAS (EVENTO O EFECTO)	por	CONTACTO DIRECTO (FACTOR DE RIESGO (CAUSA))	(al) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA - RED 220VI240V (FUENTE)

	POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	[illegible]	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (sin afectar rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta				MP:	AT 205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación de la alimentación del tablero de protección del inversor de conexión a la red domiciliaria se pueden presentar electrocución por negligencia de técnicos y por violación de las distancias minimas de a seguridad.

CONSECUENCIAS. Incapacidad temporal (>1 día). Daños importantes, interrupcion breve. Sin efecto.

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Analisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	ARCO ELECTRICO	(a) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA - RED 220V/240V
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación imposible	Internacional	6	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)			Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Malestar funcional (al acto rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin el acto		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Se producen por falta de mantenimiento, conexiones flojas en bornes.

CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada.

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

CONSECUENCIAS: 3
FRECUENCIA: D
NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	***Aceptarlo.*** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, Realizar buenas conexiones, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra	El ingeniero residente diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS).

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar elementos de seguridad a la hora de instalar y poner a prueba las conexiones, como guantes, casco, y gafas de protección. Respetar las reglas de oro.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURA	por	CONTACTO INDIRECTO	(a) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA - RED 220V/240V
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación imposible	Internacional	6	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)		Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Malestar funcional (al acto rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad). Daños importantes. Interrupción breve.Efecto menor

FRECUENCIA: No Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Usar elementos de protección, guantes, gafas. Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	SOBRECARGA	(al) o (en)	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA - RED 220V/240V
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	6	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesion menor (sin incapacidad)		Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (efecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas tecnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad),Daños importantes. Interrupción breve

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptable.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP) Requiere permiso de trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencie el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con contactocircuitos, contactocircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores si se requiere.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	CORTOCIRCUITO	(al) o (en)	INVERSOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1día)			Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesion menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (efecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto		1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta			MP:	AT 205-172063		Fecha:	8/01/2025	

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, humedades, equipos defectuosos

CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día), Daños severos. Interrupción temporal, Contaminación localizada

FRECUENCIA: No ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptable.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP) Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	SOBRECARGA	(al) o (en)	INVERSOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación imoperable	Internacional	6	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)		Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción			1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta	MP:	AT 205-172063	Fecha:	8/01/2025

POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad),Daños importantes, interrupción breve

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptarlo.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS	por	EQUIPO DEFECTUOSO	(al) o (en)	INVERSOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación imoperable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)				1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador:	Ing. Jesus Payares Arrieta	MP:	AT 205-172063	Fecha:	8/01/2025

POSIBLES CAUSAS: Defectos de Fabrica, Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad) Daños Leves, Interrupción breve y efecto menor

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	*Aceptarlo.* Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

Tabla 1. Matriz de análisis de riesgo eléctrico.

b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.

Para realizar el análisis de riesgo por descargas atmosféricas y las medidas de protección a utilizar se debe tener en cuenta la NTC 4552, la cual tiene en cuenta las protecciones contra rayos.

Ahora bien, de acuerdo con el artículo 5.2 de la NTC 4552, se realiza aplica la metodología para evaluar el nivel de riesgo y se establecen las medidas de protección.

El resultado de esta evaluación se obtiene de la ponderación de indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que implica un impacto directo o indirecto sobre éste a la estructura.

A continuación, se evalúa el nivel de riesgo:

Tabla 1. Indicador de parámetros del rayo

Densidad de descargas a tierra	**Corriente pico absoluta promedio [kA]**		
[Descargas/km² - año]	**$40 \leq I_{abs}$**	**$20 \leq I_{abs} < 40$**	**$I_{abs} < 20$**
$30 \leq DDT$			
$15 \leq DDT < 30$			
$5 \leq DDT < 15$			
$DDT < 5$			

	Severos		Altos
	Medios		Bajos

DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA DE LAS PRINCIPALES CIUDADES Y POBLACIONES DE COLOMBIA

Ciudad		Rango de DDT (rayos / km² x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inirida	1-2
Barranquilla	Riohacha	
Bogota	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Cali	Tumaco	
Cartagena	Tunja	
Cucuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	
Leticia	Ibagué	
Mitu	Manizales	
Mocoa	Medellin	
Neiva	Monteria	
Pasto	Ocaña	
Popayan	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	
	Yopal	
Corozal	Magangue	3-5
Pereira	Tulua	
Girardot		
Barrancabermeja		6-9
Quibdo		
Samana		10-14
El Banco		
Bagre		
Remedios		
La Palma		
Nechi		15-20
Zona rural de Quibdo		8-14
Zona rural de la Palma		8-12
Zona Rural de Samana		10-16
Serrania de San Lucas y Estribaciones		20-40
Magdalena Medio		8-16

Para este caso, se tiene en cuenta el rango de DDT de Corozal, lugar más cercano al proyecto fotovoltaico. Su rango es de 3-5 DDT (rayos/km2 por año) con una corriente pico absoluta promedio de 20kA. Lo que representa un riesgo bajo según la Tabla 1 del indicador de parámetros del rayo.

Ahora bien, hace falta el indicador de gravedad para determinar si es necesario tomar precauciones para las descargas atmosféricas. El cual se basa en la siguiente tabla.

Tabla 2. Indicador de Gravedad

Resultado de la suma de subindicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Media
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

Para tener la suma de los subindicadores se tienen en cuenta las siguientes tablas:

Tabla 3. Subindicador relacionado con el uso de la estructura

Clasificación de estructuras	Ejemplos de estructura	Indicador
A	Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones	40
B	Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.	30
C	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos	20
D	Estructuras no habitadas	0

Tabla 4. Subindicador relacionado con el tipo de estructura

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Tabla 5. Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura

Altura y área de la estructura	Indicador
Área menor a 900 m^2	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900 m^2	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

Para finalizar, se ponderan los indicadores obtenidos en una matriz de riesgos teniendo en cuenta la tabla 2.

Tabla 6. Matriz de niveles de riesgo

GRAVEDAD / PARÁMETROS	Severa	Alta	Media	Baja	Leve
Severo					
Alto					
Medio					
Bajo					

Nivel de Riesgo de la estructura

ALTO

MEDIO

BAJO

Para el primer subindicador la clasificación de la estructura es de tipo D, ya que se trata de un acueducto siendo su indicador de 0. En el caso del segundo subindicador, se tiene en cuenta que la estructura de los paneles es metálica, por tanto, su indicador sería de 0, y por último el tercer subindicador estaría dentro del rango de menor a 900 m2, y con altura menor a 25 metros, obteniendo así un indicador de 5. El ponderado de estos indicadores sería de 5. Lo que lleva a la conclusión de que el indicador de gravedad es Leve según la tabla 2.

De acuerdo con esto, se toman las acciones recomendadas según la norma, la cual indica:

Tabla 7. Acciones recomendadas según el nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Acciones recomendadas
NIVEL DE RIESGO BAJO	SPI para acometidas aéreas
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
NIVEL DE RIESGO MEDIO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
NIVEL DE RIESGO ALTO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
	Plan de prevención y contingencia

Para el caso de un nivel de riesgo Leve, se realiza el cableado y puesta a tierra de acuerdo con la NTC 2050. No se realiza SPI ya que no hay cometidas aéreas.

De la misma manera, se atiende a las características para la selección de los DPS en DC y AC de las tablas E.3 y la tabla E.4 de la NTC 4552-1, para garantizar la vida útil del conjunto de inversores de Conexión a la red se implementan DPS AC a 220V y DPS en DC a 1000V DC para proteger el inversor y a su vez, equipotencializar todos los demás elementos con el sistema de PAT existente. En caso de no cumplir con las exigencias del RETIE se realizarán las adecuaciones requeridas para que este cumpla a cabalidad.

c. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Cuadro Cargas AC.

CUADRO DE CARGAS AC								
MICROACUEDUCTO GAVALDA – GUARANDA								
UBICACIÓN – ZONA: INTERIOR DE LA CASETA TIPO DE MONTAJE: SOBREPONER				N° DE CIRCUITOS: 1, N° DE FASES: 2, N° DE HILOS: 3, VOLTAJE: 220V/240V				
Descripción	Inversor	Protección (A)	Conductor (AWG)	Potencia (W)	Circuito	L1	L2	
Inversor 1o kW	1	2X63	2×4 AWG + N°4 AWG + T°8 AWG	10000	1	X	X	
Carga total local (W)				10000				

Fases Cu + Neutro – THHN-2 Inversor a tablero de distribución: 2×4 AWG + N°4 AWG Cu THHN-	**Alimentador Fases Cu + Neutro a tablero principal:** 2×4 AWG + N°4 AWG Cu THHN-2	**Conductor a tierra inversor a tablero de distribución:** 1×8 AWG Cu THHN-2
Protección General(A) por inversor: 2×63 A	**Protección Principal Totalizador (A):** 2×63 A	Tubería: Ø 1 1/4" PVC SCH40, EMT o IMC según requiera

Tabla 2. Cuadro cargas AC.

Cuadro Cargas DC.

CUADRO DE CARGAS DC								
MICROACUEDUCTO GAVALDA – GUARANDA								
UBICACIÓN – ZONA: INTERIOR DE LA CASETA TIPO DE MONTAJE: SOBREPONER					N° DE CIRCUITOS: 2, N° DE FASES: 2, N° DE HILOS: 3			
Descripción	Cadena	Protección Fusible(A)	Conductor AWG XLPE	Potencia String (W)	Circuito	Inversor N°1		
Serie de 8 Paneles 700W	1	2x25A	2N° 6mm^2	5600	1	X		
Serie de 8 Paneles 700W	1	2x25A	2N° 6mm^2	5600	2	X		
Carga total local (W)			11200					
Cable lado positivo: Cu XLPE 4N°6mm^2 AWG		Cable lado negativo: Cu XLPE 4N°6mm^2 AWG			Conductor a tierra: Cu THHN/THWN-2 1N°8 AWG			
Protección general por cadena: 25A Fusible		Protección contra sobretensiones: DPS Tipo II 2P 1000Vdc			Tubería por cadena de paneles: Ø 3/4'' PVC, EMT o IMC según requiera			

Tabla 3. Cuadro cargas DC.

d. Coordinación de aislamiento eléctrico.

De acuerdo con el Anexo E de la NTC4552-1, la definición de Aislamiento: "Es la separación de dos o más superficies conductoras por medio de un dieléctrico (incluyendo el aire), ofreciendo una alta resistencia al paso de la corriente." Para el cumplimiento de esta condición, se coordina el aislamiento, teniendo en cuenta la tensión y corriente calculada de cada cadena de los arreglos de los módulos solares, junto con sus conectores, cables y demás elementos; los cuales cuentan con su rotulación y certificación para su uso dentro de los niveles de tensión, de la misma manera se aplica la misma metodología de cálculo de corriente y tensión para el cableado a utilizar en las acometidas de AC. Cabe resaltar que el uso de baterías se tiene en cuenta para alimentar primeramente cargas criticas antes que otras cargas.

e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.

Con la corriente de corto circuito de cada cadena que conforman el arreglo de los módulos solares

fotovoltaicos, se implementan fusibles de 25A - 1000VDC, para cada uno de los arreglos; los cuales cuentan con su respectiva rotulación y certificado de producto. Adicionalmente, para despejar una posible falla a tierra se instala un conductor de puesta a tierra en configuración TT en DC y TNS en el lado de AC, donde el conductor seleccionado 1N°8 Cu AWG THHN-2 para lado DC y 1N°8 Cu AWG THHN-2 para lado AC.

Protecciones de sobre tensiones

DPS: Según se observa en las especificaciones del inversor las protecciones contra sobretensiones son de tipo II, por lo tanto, se selecciona un DPS tipo II contra sobretensiones transitorias inducidas.

Características del DPS Tipo II:

1. Protección contra sobretensiones inducidas: Este tipo de DPS está diseñado específicamente para limitar las sobretensiones que provienen de descargas atmosféricas indirectas o de conmutación en la red, lo cual es ideal para proteger instalaciones de corriente continua (DC) en sistemas fotovoltaicos.
2. Capacidad de corriente de impulso: El DPS Tipo 2 tiene una capacidad de descarga suficiente para manejar las sobretensiones inducidas sin sobrecargar o dañar el sistema.
3. Instalación en el lado DC y AC: En sistemas fotovoltaicos, se instala un DPS en el lado DC (entre los paneles y el inversor) y en el lado AC (entre el inversor y la red) para garantizar una protección completa.

A continuación, se calcula los voltajes límites para las protecciones DPS:

$V_{oc}DPS = V_{oc\ DEL\ PANEL} * \#Paneles\ en\ Serie$

$V_{ac}DPS = 48.3V * 8 = 386.4V$

Se escoge un DPS de 1000V ya que se espera no superar el valor anteriormente calculado en cada MPPT del sistema. Con esto, se garantiza que se puedan hacer ampliaciones a la máxima capacidad del inversor, y al mismo tiempo, se protegen los MPPT de cada inversor para que no sufran daños por sobretensiones en el sistema.

Se instala 1 DPS tipo II de 2P 1000V por cada cadena del sistema. Siendo un total de 2 DPS Tipo II de 2P 1000Vdc 40kA.

f. Análisis del nivel tensión requerido.

De acuerdo con RETIE, en el Libro 3, titulo 9 "Clasificación de los niveles de tensión", se aplica el siguiente literal:

- d. Baja Tensión (BT): Los de tensión nominal menor o igual a 1.000 V y mayores o iguales de 25 V c.a. o 60 V c.c. Teniendo en cuenta el nivel de tensión del punto de conexión a la red y la salida

del conjunto de inversores, la tensión de operación del sistema es una tensión normalizada 220/240 VAC. Y para el conjunto de paneles, el cual ninguna cadena supera los 1000V.

g. Cálculo de campos electromagnéticos.

No aplica para sistemas cogeneración de energía eléctrica fotovoltaica, debido a que la corriente total a la salida del conjunto de inversores y entregada a las cargas (circuito alimentador), no superan los 1.000A, lo cual sugiere que no se pasarán los umbrales establecidos en el artículo 3.11.1 del RETIE 2024.

h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

No Aplica, ya que no se necesitan transformadores adicionales para la puesta en marcha del sistema de generación fotovoltaica.

i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.

La instalación no posee Sistema de puesta a tierra, sin embargo, se implementa un SPT según la IEEE80 2000, se realiza un modelo rectangular con 4 nodos unidos por cable 1N° 2/0 AWG y los resultados fueron los siguientes:

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

	Instructivo de uso del programa		
	Resistencia requerida según aplicación menor a (Ω)	20	Escuelas
ρ	Resistividad aparente del terreno (Ω.m)	20	
I_f	Corriente de falla a tierra simétrica rms (A)	1000	
t_s	Tiempo de despeje de la falla (ms)	50	
	Marque la casilla si existe una capa superficial ☑	SI	
ρ_s	Resistividad de la capa superficial (Ω.m) Ver tabla 7	100	
h_s	Espesor de la capa superficial h_s (cm)	25	
	Recuerde borrar operaciones anteriores para reiniciar cálculos		

CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR DE LA MALLA DE PAT

	Tipo de conductor seleccionada		Varilla de acero revestido de cobre	
K_f	Constante del material conductor a utilizar en la PAT	14,64	Tabla 2 Pag. 44 IEEE 80-2000	
A_{mm^2}	Área calculada del conductor a utilizar en la malla (mm^2)	67,4	Formula 40 Y 41 Pag. 43 IEEE 80-2000	
d	Diámetro del conductor a utilizar en la malla de PAT (mm)	9,26	**Por requerimientos mecánicos**	
	Calibre conductor a utilizar en malla de puesta a tierra	2/0 AWG	Código GEDISA	CBDES0100200

GEOMETRIA DE LA MALLA

a	Cuadrada ○	Largo (m)	8	
b	Rectangular ◉	Ancho (m)	6	
L_1	En forma de L ○	L1 (m)	0	
L_2		L2 (m)	0	
D	Longitud de los lados de la cuadrícula (m)		1	
h	Profundidad de enterramiento de la malla (cm)		30	
A	Área de la malla de PAT (m^2)		48	
L_p	Longitud del perímetro (m)		28	
	Número de conductores en el sentido longitudinal o "X"		9	
L_x	Longitud Máxima del Conductor en el sentido de "X" (m)		72	
	Número de conductores en el sentido transversal o "Y"		7	
L_y	Longitud Máxima del Conductor en el sentido de "Y" (m)		42	
L_c	Longitud Conductor Horizontal De La Malla (m)		114	
	Empleo de barras copperweld o jabalinas ☑		SI	
	Modelo de barra copperweld			Barra copperweld de 5/8"
d_c	Diámetro de la Barra Copperweld o jabalina (mm)		19	
L_r	Longitud de la Barra Copperweld o jabalina (m)		2,4	

GEOMETRIA DE LA MALLA CONTINUACION

n_R	Número de barras copperweld colocadas en el área A	4	
L_R	Longitud total de las Barras Copperweld o Jabalinas (m)	10	
L_M	Longitud efectiva sin barras o con ellas no ubicadas en esquinas (m)	124	Formula 90 Pag. 94 IEEE 80-2000
L_M	Longitud efectiva con barras en el perimetro y esquinas (m)	129	Formula 91 Pag. 94 IEEE 80-2000
L_S	Longitud efectiva con barras copperweld o sin ellas (m)	94	Formula 93 Pag. 94 IEEE 80-2000
	MOLDES Y CARTUCHOS PARA SOLDADURA EXOTERMICA		
CX	Cantidad de conexiones exotérmicas en EQUIS	35	Código GEDISA PTCE000200
MX	Molde de grafito para conexión exotérmica en EQUIS	1	Código GEDISA PTXSH070070
CT	Cantidad de conexiones exotérmicas en TEE	28	Código GEDISA PTCE000090
MT	Molde de grafito para conexión exotérmica en TEE	1	Código GEDISA PTCTH070070
	CÁLCULO DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA		
R_m	Resistencia de malla (w)	0,67	Formula 52 Pag. 65 IEEE 80-2000
R_r	Resistencia de la barra copperweld seleccionada (w)	3,18	Barra copperweld 5/8
R_g	Resistencia equivalente del sistema de PAT (w)	0,36	Con barras copperweld
	CÁLCULO DE CORRIENTE MAXIMA DE MALLA		
I_G	Máxima corriente de malla (A)	258,72	Formula 63 Y 64 Pag. 73 IEEE 80-2000
I_g	Corriente de malla simétrica rms (A)	210,00	Formula 65 Pag. 73 IEEE 80-2000
D_f	Factor de decremento para la determinación de IG	1,232	Formula 79 Pag. 84 IEEE 80-2000
X/R	Valores típicos de la Relación X/R	X/R = 10	Tabla 10 Pag. 85 IEEE 80-2000
tf	Valores típicos del Tiempo de duración de la falla (Seg)	0.05 seg	Tabla 10 Pag. 85 IEEE 80-2000
S_f	Factor divisor de la corriente de falla	0,21	Formula 63 Pag. 72 IEEE 80-2000
	CÁLCULO DE VOLTAJES PERMISIBLES DE PASO Y TOQUE		
	Peso de la persona para estimación		Persona de 70 kg
E_p	Voltaje de paso tolerable (V)	1.066	Formula 29 y 30 Pag. 27 IEEE 80-2000
E_t	Voltaje de toque tolerable (V)	793	Formula 32 y 33 Pag. 27 IEEE 80-2000
C_s	Factor de decremento de la capa superficial	0,86	Formula 27 Pag. 23 IEEE 80-2000
	CÁLCULO DE VOLTAJES MAXIMOS DE PASO Y TOQUE		
GPR	Máxima elevación del potencial de tierra GPR (V)	94	
E_m	Voltaje de malla en caso de falla (V)	17	Formula 80 Pag. 91 IEEE 80-2000
E_s	Voltaje de paso en caso de falla (V)	56	Formula 92 Pag. 94 IEEE 80-2000
	CÁLCULO DE FACTORES GEOMETRICOS		
n	Factor geométrico compuesto de factores: na, nb, nc y nd	8,18	Formula 84 Pag. 93 IEEE 80-2000
n_a	Factor geométrico	8,14	Formula 85 Pag. 93 IEEE 80-2000

n_b	Factor geométrico	1,005	Formula 86 Pag. 93 IEEE 80-2000
n_c	Factor geométrico	1,000	Formula 87 Pag. 93 IEEE 80-2000
n_d	Factor geométrico	1,000	Formula 88 Pag. 93 IEEE 80-2000
	CÁLCULO DE FACTORES CORRECCION		
K_m	Factor de separación para el voltaje de la malla	0,47	Formula 81 Pag. 93 IEEE 80-2000
K_{ii}	Factor de ponderación correctiva que se ajusta a los efectos de los conductores internos en la esquina de la malla	0,51	Formula 82 Pag. 93 IEEE 80-2000
K_{ih}	Factor de ponderación correctiva que hace hincapié en los efectos de la profundidad de la red	1,14	Formula 83 Pag. 93 IEEE 80-2000
K_i	Factor de corrección por geometría de la malla	1,855	Formula 89 Pag. 94 IEEE 80-2000
K_s	Factor de separación para el voltaje de paso	1,089	Formula 94 Pag. 94 IEEE 80-2000
	EVALUACION DE RESULTADOS		
1	¿La resistencia de puesta a tierra R_g obtenida es menor que la resistencia requerida?		***SI, el diseño cumple con el requerimiento***
2	¿Es GPR menor que el voltaje de contacto tolerable?		***SI, el diseño cumple con el requerimiento***
3	Bajo condiciones de falla, ¿Es el voltaje de malla (E_m) menor que el voltaje de contacto tolerable (E_t)?		***SI, el voltaje de malla cumple con el requerimiento***
4	Bajo condiciones de falla ¿Es el voltaje de paso (E_s) menor que el voltaje de paso tolerable (E_s)?		***SI, el voltaje de paso cumple con el requerimiento***

Por tal motivo se propone un sistema rectangular con 4 varillas y cable 1N° 2/0 AWG con soldadura exotérmica, este SPT se conecta al tablero principal de baja tensión y el cual será el punto de conexión del sistema solar. Se utiliza cable N°8 AWG del inversor hasta el tablero, y el cable N°6 AWG del tablero hasta la malla.

j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Estos cálculos no fueron evaluados, debido a que es una instalación de uso final, adicionalmente, teniendo en cuenta que un sistema de generación PV, la corriente no aumenta proporcionalmente a la demanda instantánea de las cargas, por el contrario esta depende es la directamente de la condiciones instantáneas de la radiación y la temperatura, por lo cual, la corriente máxima se determina por los datos de placa del inversor o los módulos PV, lo cual solo se alcanza en pequeños lapsos de tiempo.

Finalmente, los costos de la energía eléctrica serán los consumos generados por las cargas dependiendo su uso y el tiempo de operación, los cuales serán facturados por el OR, sin embargo, teniendo en cuanta la implementación de la planta PV bajo la modalidad AGPE con entrega de excedentes, los costos de energía eléctrica consumida de la red eléctrica convencional tienden a disminuir significativamente.

k. Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.

Para la verificación, se tiene en cuenta la capacidad de los conductores conforme a la capacidad de interrupción de las protecciones, y así protegiendo adecuadamente la instalación. Los conductores se escogieron de acuerdo con su ampacidad por temperatura a 60°C si la corriente a conducir es menor o igual a 100A, y a 75°C si la corriente es mayor a 100A, esto calculado de acuerdo con los equipos y cargas calculadas. Para la selección de los conductores se tuvo en cuenta el nivel de aislamiento presentado en la Tabla 3.10.16 de la NTC 2050.

l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.

Para el montaje de del sistema fotovoltaico se utilizan estructuras soportadas en aluminio, las cuales ofrecen una fácil instalación y alta compatibilidad. En planos se especifican los esquemas de construcción, y para la estructura soporte de los paneles solares, se describe a continuación los elementos que lo componen:

COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA

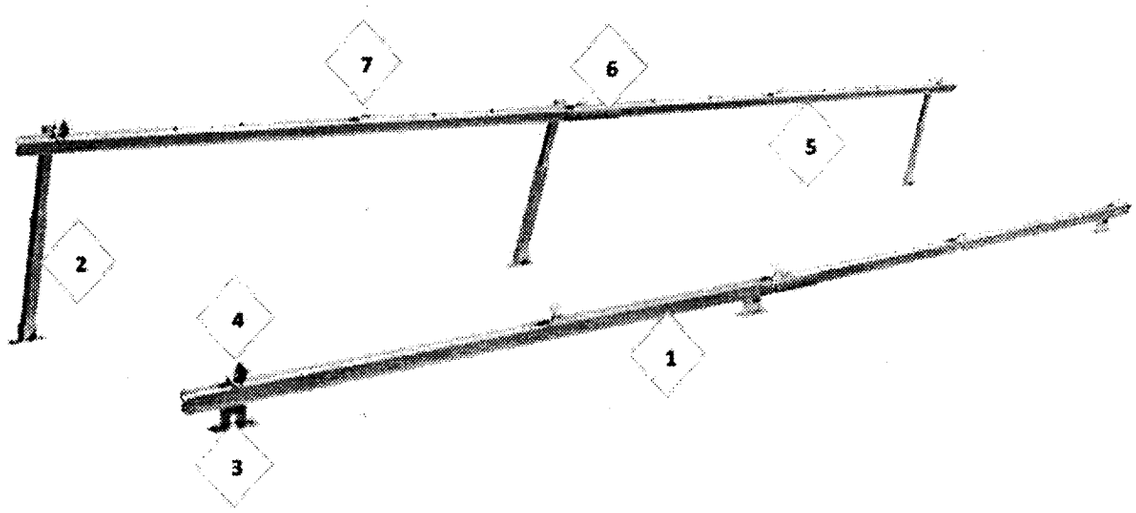
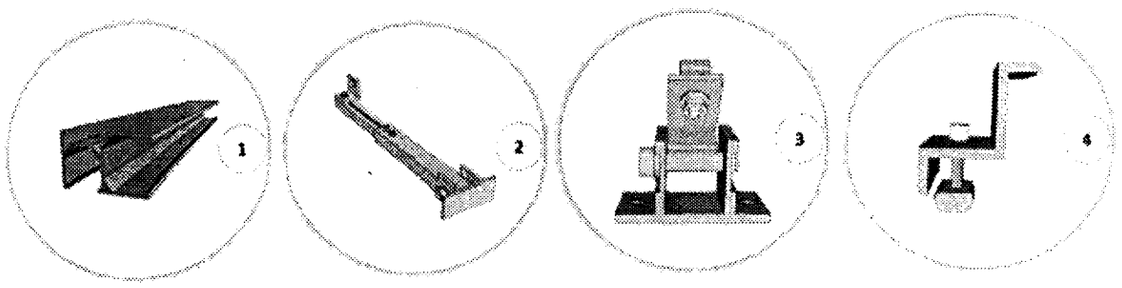
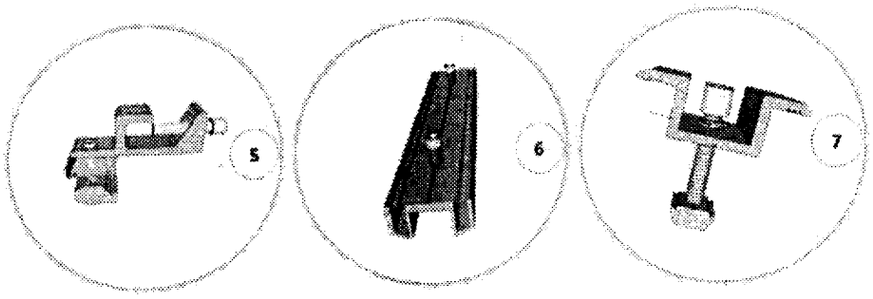


Ilustración 1. Componentes para montaje de paneles solares





ESTRUCTURA SOPORTADA EN ALUMINIO ANODIZADO DE 2.4M (PARA 2 PANELES)

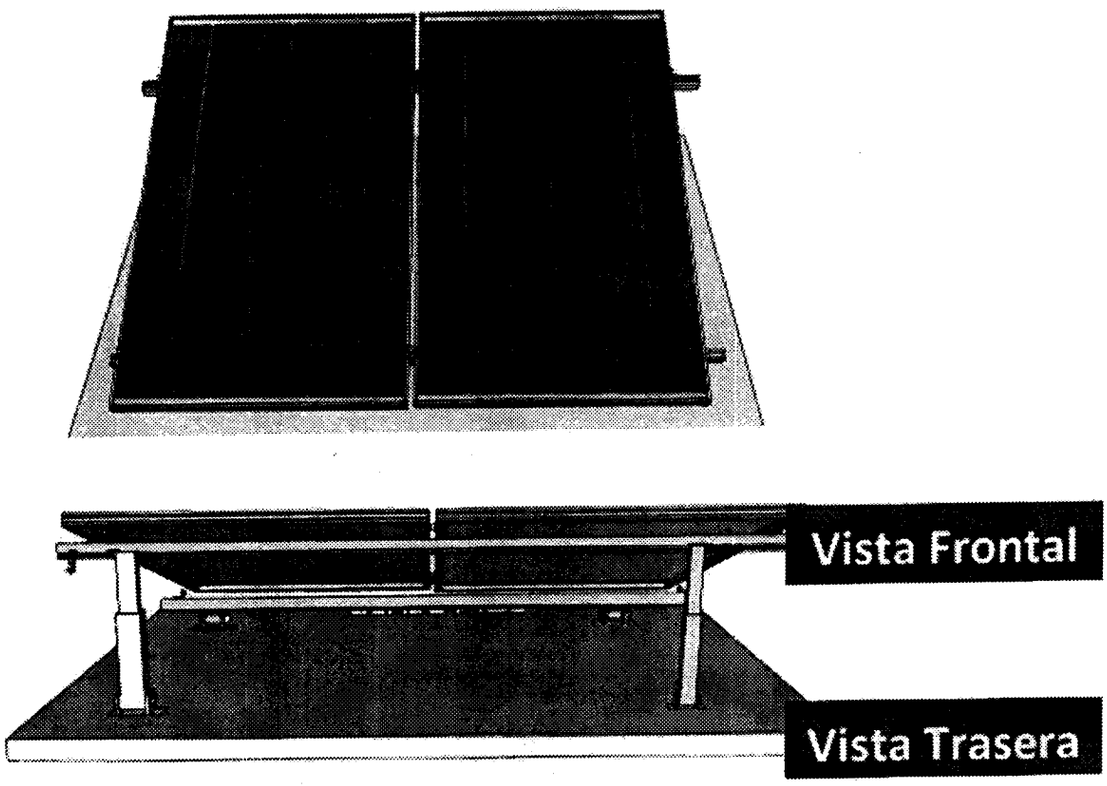
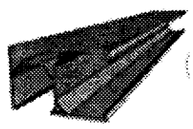
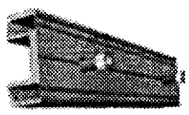
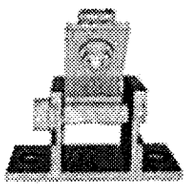
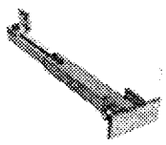
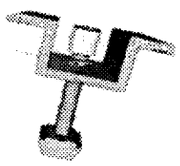
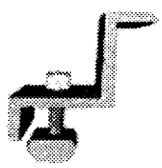
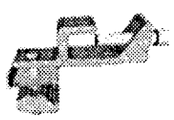
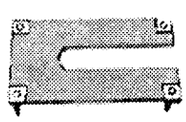


Ilustración 2. Vistas de estructura para paneles soportada en aluminio anodizado

A continuación, se describen la cantidad de elementos a utilizar para la construcción de la estructura para el soporte de los paneles solares del proyecto.

IMAGEN	ARTICULO	PESO(KG)	CANTIDAD PARA LA INSTALACION	DESCRIPCION

	Riel de aluminio anodizado (4700 mm)	3.4	17	Un componente ubicado en la parte posterior del módulo, a una distancia mínima equivalente a dos celdas desde el marco del módulo tanto en la parte superior como inferior, asegurando la correcta posición del riel para facilitar su acoplamiento con las ranuras de los demás elementos.
	Unión de perfil (riel de aluminio)	0.06	18	Si se instalan más de dos estructuras en riel, este componente se vuelve indispensable, ya que sirve para conectar dos estructuras. Se coloca al final de cada riel y luego se ajusta correctamente.
	Grapa delantera ajustable. con almohadilla de goma. Puede utilizarse también la L Feet o LClamp (Para este caso se utilizará la LClamp)	0.3	28	Este componente debe instalarse en la parte inferior del módulo, asegurándose de que la pieza móvil con un ángulo de 90 grados y la pieza de anclaje queden posicionadas dentro de la ranura del riel.
	Pata trasera ajustable Reforzado 15-30°	0.9	0	Este componente se instala en la parte superior del módulo, asegurando que la pieza móvil con un ángulo de 90 grados, ubicada en la parte inferior, quede alineada con el perfil de aluminio de la pata trasera. Es importante considerar la orientación de la pata para facilitar el

				empalme con la pieza de anclaje, que debe insertarse en la ranura del riel.
	Abrazadera intermedia de 35mm	0.06	52	Estos componentes se instalan en la parte central entre dos módulos, tanto en la unión superior como en la inferior. Se debe respetar la alineación con la abrazadera final (end clamp) y mantener una distancia mínima de dos celdas desde el marco del módulo en los lados superior e inferior.
	Abrazadera final de 35mm	0.05	12	Este componente se instala al final de cada riel, tanto en la parte superior como en la inferior, con el propósito de asegurar y fijar los módulos fotovoltaicos, evitando cualquier deslizamiento.
	Lug de puesta a tierra	0.03	0	Este componente es fundamental para el aterrizaje a tierra del sistema. Se instala de forma perpendicular al final del riel. Es necesario colocar uno de estos componentes por cada "string" o rama del sistema.
	Grapa de puesta a tierra o Ground Lug	0.005	29	Se coloca debajo de la abrazadera central (middle clamp), entre el marco del módulo y el riel, con el propósito de garantizar la continuidad eléctrica entre ambos materiales de aluminio.

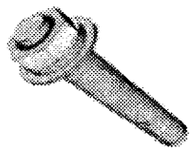
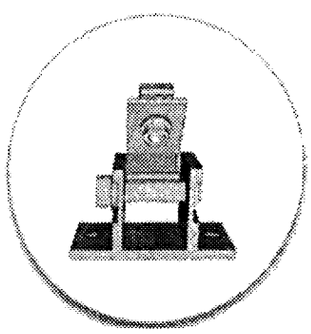
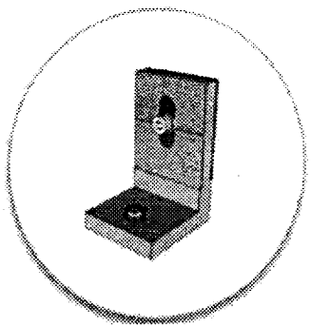
	Tornillo Autoperforante	**0.07**	60	Elemento de expansión utilizado para asegurar los elementos de sujeción.

Tabla 4. Elementos de Sujeción para soporte de paneles solares.

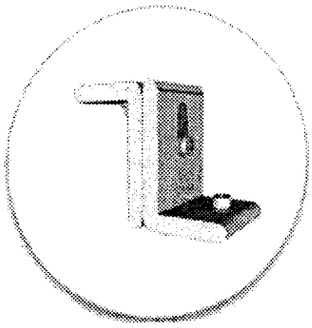
Cabe resaltar que, para montajes de estructuras en techos planos, se puede reemplazar la grapa delantera ajustable por una abrazadera tipo L.



Grapa delantera ajustable



Abrazadera tipo "L feet"



Abrazadera tipo "L foot"

Ilustración 3. Tipos de abrazadera para montaje de paneles en riel

CRITERIOS POR CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Para el diseño se debe considerar al menos lo siguiente:

- Ubicación donde se instalará el sistema fotovoltaico.
- Orientación e Inclinación de los paneles fotovoltaicos.
- Tipo de soporte para los paneles fotovoltaicos.
- Condiciones del suelo o techo donde se ubicarán los soportes.
- Espacio o superficie disponible en metro cuadrado (m^2).
- Radiación solar del lugar.
- Evaluación de posibles sombras.
- Condiciones generales donde se vaya a ubicar.

PROCEDIMIENTO:

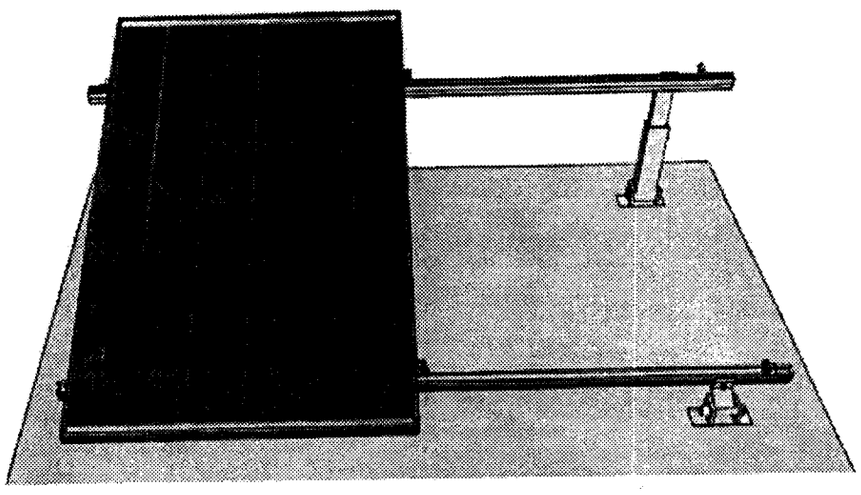
1. Mediciones iniciales:
- Determinar las dimensiones del espacio.
- Colocar las patas delanteras y traseras en un rango vertical de 1.20m a 1.70m.
- Ubicar las patas a 0.5m de los extremos del riel, ajustándose a las dimensiones del módulo y riel.

2. Techos inclinados:
- Las patas traseras se sustituyen por patas delanteras.
- Se respeta el mismo número de patas.

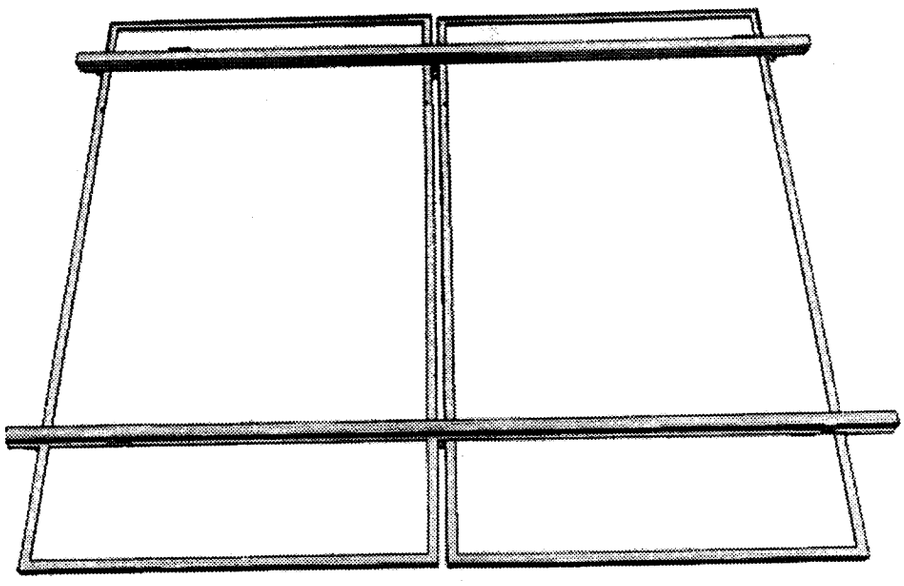
3. Uso de componentes adicionales:
- Si hay más de una estructura, se utiliza una unión de riel para unir los rieles.

4. Perforaciones y fijaciones:
- Hacer perforaciones con una broca de 1/2 pulgada.
- Aislar los orificios con silicón.
- Colocar taquetes expansivos M8X60.
- Colocar las patas correspondientes.
- Usar un pedazo de caucho o neopreno entre las patas y la superficie antes de fijarlas.

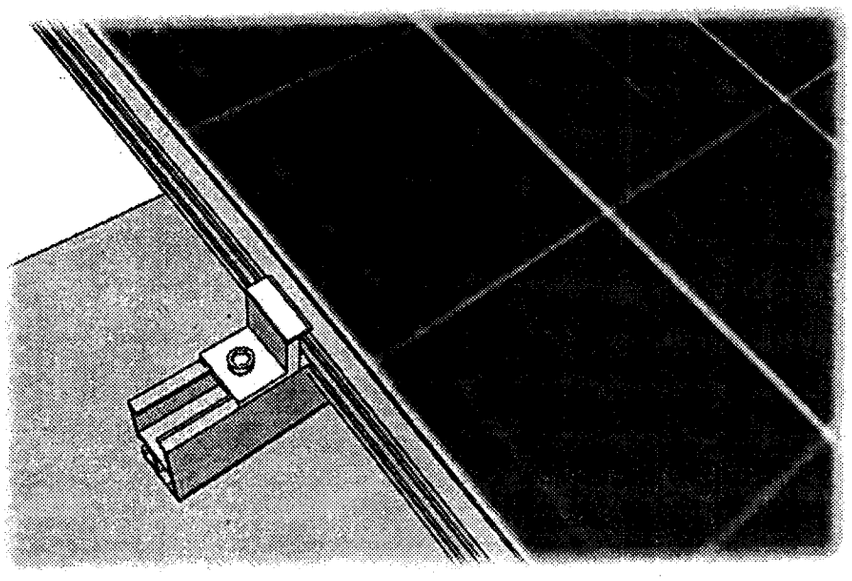
5. Colocación del riel:
- Después de fijar las patas, se colocan los rieles en la parte alta y baja de la estructura.



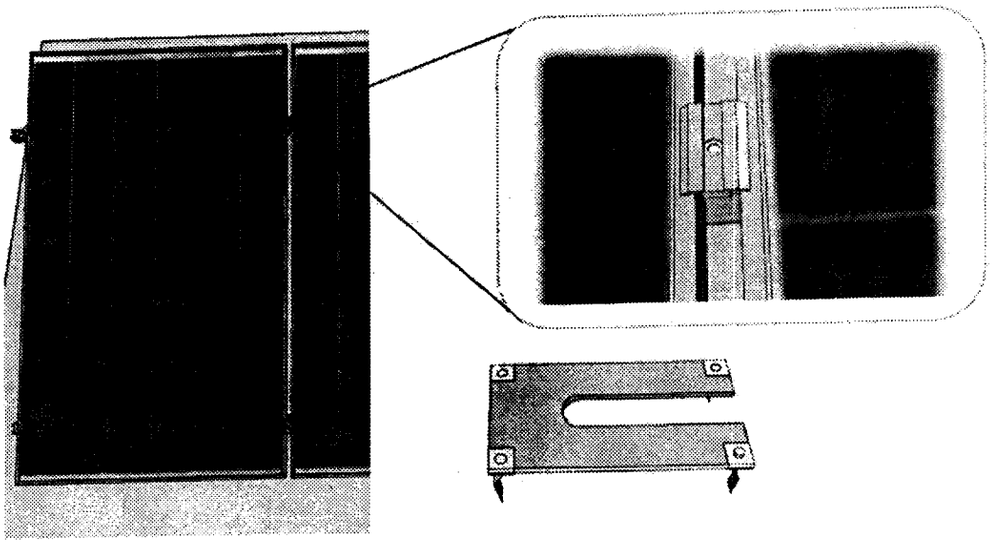
Instalar los módulos sobre los rieles, asegurándose de considerar la orientación del sistema fotovoltaico. La caja de diodos de protección debe ubicarse en la parte superior, hacia el lado de la pata ajustable trasera.



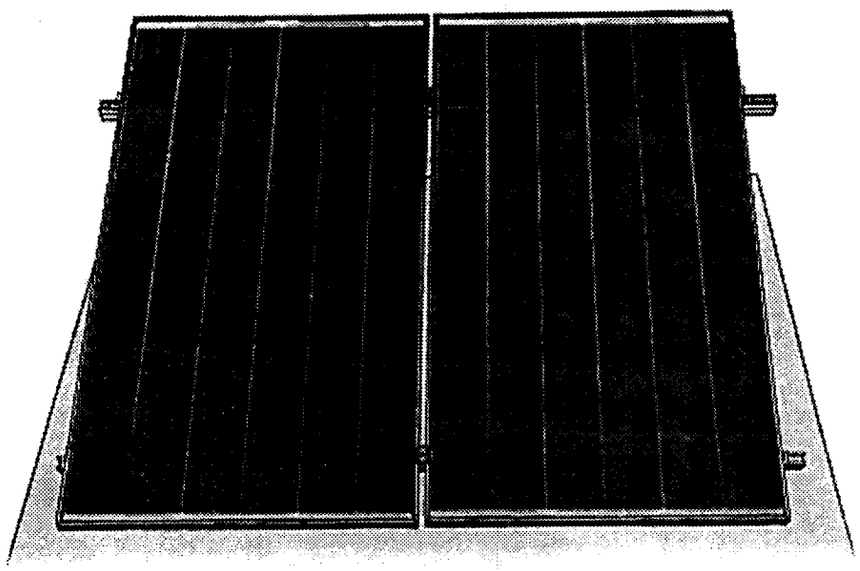
Coloque o ajuste la abrazadera final en las partes superior e inferior del riel y asegúrela. Después de instalar el primer módulo, utilice una llave Allen de 6 mm, que es indispensable para todos los elementos de la estructura.



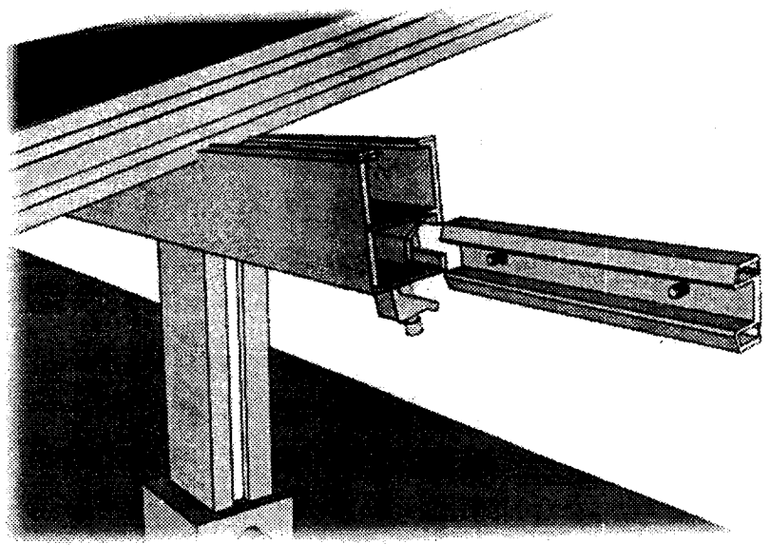
Desplace el siguiente módulo hacia un costado del primero y, a continuación, instale o ajuste la abrazadera central. Una vez colocada la abrazadera, proceda a instalar el clip de conexión a tierra en el mismo lugar.



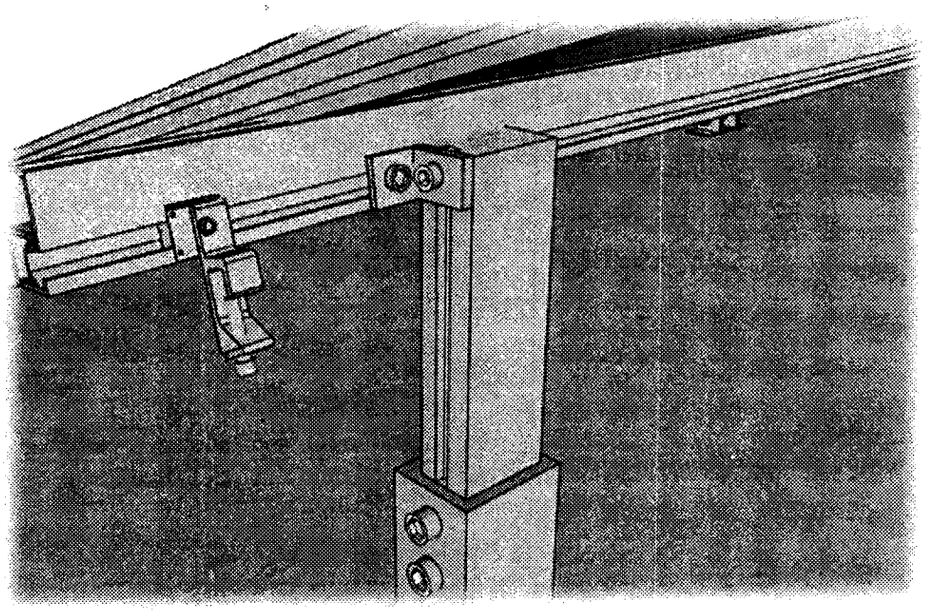
La instalación de la abrazadera central y el clip debe realizarse antes de colocar el módulo, ya sea deslizándolos a lo largo del riel o fijándolos con tornillos. Este procedimiento debe repetirse según el tipo de estructura, ya sea de 2 metros para dos módulos o de 4 metros para cuatro módulos. Las terminales del clip se conectan y empalman con el riel. Finalmente, coloque o ajuste la abrazadera final en las partes superior e inferior del riel, asegurándola después de instalar el último módulo. Esto garantiza que los módulos queden firmemente sujetos y evita cualquier desplazamiento.



Si se tienen varias estructuras conectadas entre sí, es necesario emplear un empalme de riel por cada conexión. En otras palabras, se utiljzará un empalme para unir dos estructuras a través del mismo riel.



Instale el tope de tierra en la parte superior del riel, asegurándolo correctamente. Este componente es esencial para garantizar el aterrizaje a tierra del sistema y debe colocarse de forma perpendicular al final del riel. Se debe colocar un tope de tierra por cada string o cadena del sistema.



CONEXIÓN DE MC4

MC4 son conectores eléctricos de un solo contacto utilizados para la conexión de módulos fotovoltaicos. Las siglas MC4 significan Multi-Contact y un 4 para el pin de contacto de 6mm (diámetro). Se recomienda que todos sus componentes sean ensamblados igual al esquema que se muestra, para evitar posibles arcos eléctricos. Cuando el pin es colocado en el Coupler body se tiene que escuchar un click donde se asegura que el pin fue ensamblado correctamente. De igual forma, se tiene que escuchar un click en el momento en el que el conector positivo y el negativo estén correctamente ensamblados entre sí.

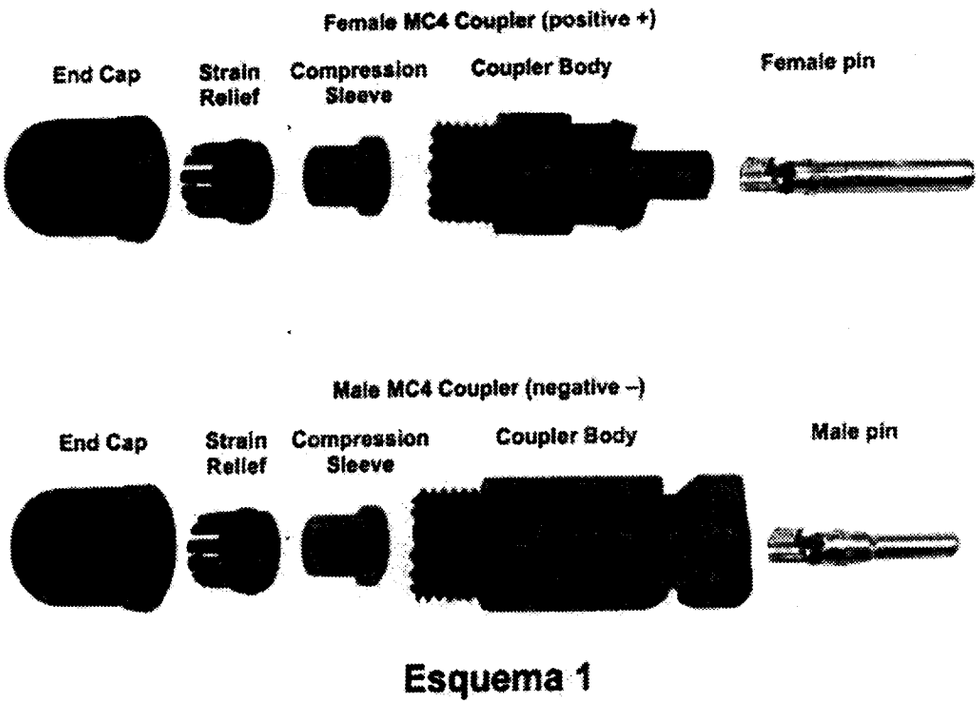


Ilustración 4. Esquema de conexiones para conectores MC4 Macho y Hembra.

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

Para determinar la selección de las protecciones, según la potencia de los módulos PV, a continuación, se describe el proceso:

• ZXM8- TPLDD132 SERIES

Basado en la NTC 2050 – Sección 690-9A, teniendo la corriente de corto circuito del módulo, se calcula la protección a utilizar en el gabinete en DC, determinándose así:

Protecciones de sobre corriente:

Para el sistema fotovoltaico de lado DC se utilizarán fusibles como medida de protección contra sobre corrientes, y estos no deben ser menores al 125%, según la NTC 2050 – Sección 690-8a. Por lo tanto:

$I_{PTM} = I_{MAX} * 25\%(MPPT)$

$I_{PTM} = I_{MAX} * 1.25$

$I_{PTM} = 18.27 * 1.25 = 22.83A \approx 25A$

Dados los cálculos, se seleccionan fusibles de 2x25A (+),(-) y 1000Vdc para cada cadena o string de paneles. Siendo un total de 2 fusibles de 2x25A para todo el sistema.

Para determinar la selección de las protecciones el conjunto de inversores (AC) se toma como base la corriente de salida de cada inversor:

• MID 10KTL3-XL2.

Teniendo en cuenta la corriente a la cual trabaja el inversor el interruptor termomagnético estará dado por la corriente máxima de este, multiplicado por un factor de seguridad del 1.25.

$$I = \frac{10000}{220}$$

$I = 29.2\text{A} * 1.25$

$I = 36.5A$

Por lo tanto, se decide instalar una protección termomagnética AC de 2*63A industrial para el inversor. Este valor se escoge por temas de comercialización y es el más cercano a la corriente calculada.

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

Basados en lo establecido en las tablas 1 – 5 del Capítulo 9 de la NTC 2050, se realiza la selección de las canalizaciones:

Canalización DC – AC.

- DC

TRAMO: PANELES - INVERSOR			
Tabla 1 - Tabla 5 Capitulo 9 NTC 2050	Tubo Conduit PVC E IMC Ø3/4"	Tubo Conduit IMC Ø3/4"	Cable XLPE 2N°6mm²
1	10.52%	344.2mm2	36.2mm2
2	10.52%	344.2mm2	36.2mm2
**Sección calculada a partir de la ficha técnica del fabricante, debido a que la tabla 5 del capítulo 9 de la NTC 2050 no menciona la referencia XLPE. Para más de dos conductores, el llenado máximo permitido es 40% del área de la tubería.* *Se debe tener en cuenta que se toma de ejemplo el tramo de solo 2 cadenas de paneles. Por tanto, se entiende que son 2 cadenas por inversor, siendo un total de 2 cadenas de paneles.*			

Tabla 5. Calculo Tubería DC-AC, para 2 cadenas de paneles con su respectiva puesta a tierra.

- AC

TRAMO: INVERSOR DE DISTRIBUCION A TABLERO PRINCIPAL DEL MICROACUEDUCTO			
Tabla 1 - Tabla 5 Capitulo 9 NTC 2050	Tubo Conduit PVC O EMT Ø1 1/4"	Tubo Conduit PVC O EMT Ø1 1/4"	Cable THHN-2 2N4°3F+ 1N°4 AWG
Tablero de distribucion	15.42%	536.7mm2	82.73mm2
**Sección calculada a partir de la NTC 2050. Para más de dos conductores, el llenado máximo permitido es 40% del área de la tubería.*			

Tabla 6. Calculo Tubería de inversor a tablero AC, con su respectiva puesta a tierra.

o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Las pérdidas de energía no son tenidas en cuenta debido a que, el factor de potencia del inversor según fichas técnicas es >99% (1 aprox) y para armónicos THD <3%.

p. Cálculos de regulación de tensión.

Cálculo de caída de tensión DC

Para este caso, se describen los cálculos de la caída de tensión en los conductores que conforman cada una de las cadenas; sin embargo, para efectos de este documento, solo se van a reflejar los cálculos para la distancia más crítica de la instalación, como lo es el string o cadena que está más alejada del cuarto eléctrico donde se encuentra el inversor.

Teniendo en cuenta la corriente de máxima potencia del módulo:

$I_{mp} = 17.29A$

$V_{mp} = 40.5V$

$10\ AWG\ XLPE = 6mm^2$

Siendo 8 módulos de 40.5V:

La distancia es de aproximadamente 5m al inversor, (distancia total).

$$R = \rho * \frac{l}{A_T}$$

Siendo R la resistencia, p la resistividad del cobre $\Omega * \frac{mm^2}{m}$ a temperatura ambiente 25° (siendo este de 0.018), l la distancia total, y A_T el área en mm^2 del calibre a utilizar.

Reemplazando:

$$R = 0.018 \frac{\Omega mm^2}{m} * 5m * \frac{1}{6mm^2} = 0.1\Omega$$

Aplicando la ley de Ohm.

$V = I * R$

$V = 17.29A * 0.1\Omega = 1.72V$

Al estar los 8 módulos en serie su voltaje es de 324V.

$$\%Caída\ de\ tensión = \frac{1.72V}{324V} = 0.05\%$$

Para el tramo más crítico de las conexiones se observa una caída de voltaje menor a 4% el cual es el valor máximo permitido para este tipo de instalaciones. Por lo tanto, el calibre a utilizar cumple con los parámetros establecidos.

Cálculo de caída de tensión AC.

En el caso de la caída de tensión en AC, se tiene en cuenta la distancia desde el tablero de distribución 220/240 del inversor hasta el tablero principal existente. De la cual se estima una distancia aproximada de 3 metros.

$I = 91A$

$V = 220V$

$f.p = 0.9$ (Transformador)

$l = 3m$

$4\ AWG = 8.00\ mm^2$

Resistividad del cobre = $0.018\ \Omega * \frac{mm^2}{m}$ a temperatura ambiente 25°.

$$V\% = \frac{\rho * l * I * \text{f.p}}{Sección\ del\ conductor * V}$$

$$V\% = \frac{0.018 * 3 * 91 * 0.9}{8.00 * 220} = \frac{4.42}{1700} = 0.026\%$$

Para el tramo de conexión desde el tablero nuevo hasta el existente las conexiones se observa una caída de voltaje menor a 4% el cual es el valor máximo permitido para este tipo de instalaciones. Por lo tanto, el calibre a utilizar cumple con los parámetros establecidos.

CAIDA DE TENSION ZONA CRITICA PANELES A INVERSOR			
CALCULOS DC: PUNTO CRITICO STRING		**DATOS DE PLACA**	
ṕ Cobre [CU]	$0.018\ \Omega\ \frac{mm^2}{m}$ *	PV [W]	700
ṕ Aluminio [AL]	-	Vmp [V]	40.5
Longitud Cable [m]	5	Imp [A]	17.29
Corriente Cortocircuito (Isc) [A]	18.27	Voc [V]	48.3
K Constante	2	Isc [A]	18.27
Voltaje de circuito abierto (Voc) [V]	48.3	CAIDA DE TENSION %	
Voc Total [V]	324		
N° Módulos en serie	8	0.05%	
N° Módulos en paralelo	0		
Sección Transversal [mm²]	6		
K %	100		
CARACTERISTICAS DEL STRING			
N° Modulos en Serie	8		
Potencia Arreglo [W]	5600		
Voltaje Total (Vmp) [V]	324		
Corriente Total (Imp)	17.29		

Tabla 7. Cálculo de caída de tensión en DC.

CAIDA DE TENSION DE LADO AC	
CALCULOS AC: TABLERO A TABLERO	**CAIDA DE TENSION**

ρ Cobre $[\Omega * \frac{mm^2}{m}]$	0.018	$V\% = \frac{\rho * l * I * f.p}{Sección\ del\ conductor * V}$

ρ Aluminio [AL]	-	0.026%
Longitud Cable [m]	3	
Corriente máxima (Imáx) [A]	91	
Factor de potencia (f.p)	0.9	
Red trifásica (si aplica)	NO	
Nivel de tensión [V]	220	
Sección transversal del cable mm^2	8.00	

Tabla 8. Cálculo de caída de tensión en AC.

q. Áreas clasificadas como peligrosas.

No aplica. No existe acumulación de gases, ni existen condiciones peligrosas que permitan categorizar la instalación como tipo especial.

r. Diagramas unifilares.

Anexos, Diagrama Unifilar en hoja completa tamaño A4.

s. Planos eléctricos para construcción.

Los planos o diseños eléctricos elaborados se encuentran en formato .DWG adjuntados en el proyecto.

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Se recomienda la implementación de un sistema de ventilación forzada y cruzada, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo del conjunto inversores dentro del lugar destinado para la ubicación equipos,

permitiendo mantener el cuarto eléctrico fresco, mejorando así, las condiciones para la disipación de calor de los equipos.

u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.

No aplica, debido a que no se tiene redes energizadas en sitio. Sin embargo, queda anexada dentro de los detalles del plano las distancias de seguridad requeridas por el RETIE para tableros de baja tensión.

v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

No aplica. No hay ninguna desviación técnica de la normatividad o reglamento técnico vigente.

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

No aplica. El diseñador queda exonerado de cualquier responsabilidad si estos cálculos y distribuciones son alteradas o modificadas sin autorización previa escrita en su diseño original, por parte del cliente, terceros o si la construcción no se hace de acuerdo con el diseño.

x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.

DIMENSIONAMIENTO GENERAL

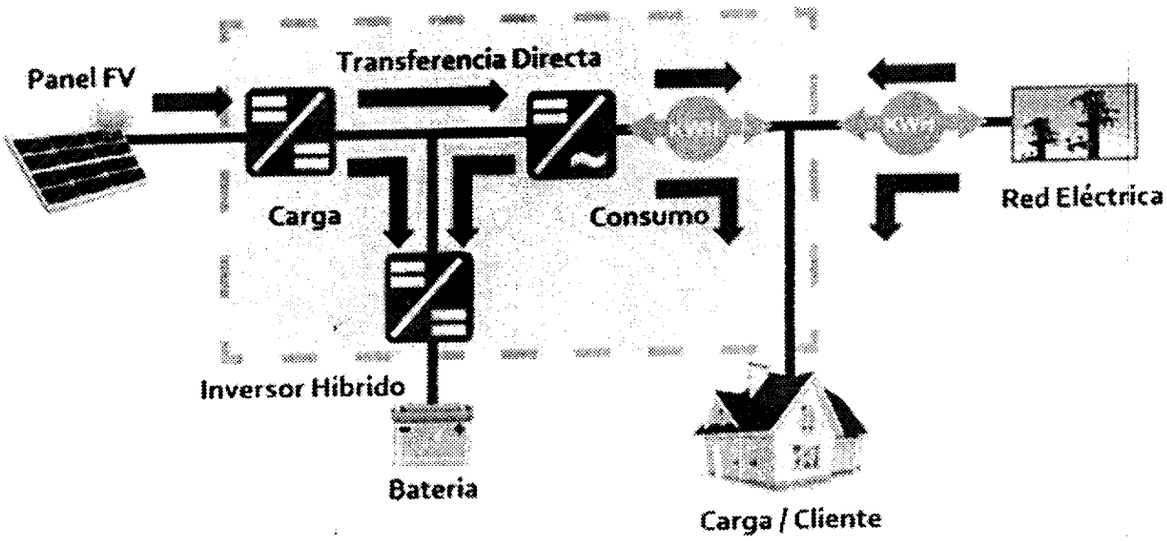


Ilustración 5: Sistema Hibrido

Como dato de partida para este sistema, se tuvo en cuenta el área disponible para la instalación de este sistema dentro de la entidad, por tanto, lo que se busca es aprovechar la mayor cantidad de espacio disponible y teniendo en cuenta también la capacidad del transformador. Se conocen los consumos de la entidad (facturas de energía), los cuales se muestran en la tabla 1, relacionando estos datos; se plantea la planta de generación fotovoltaica para un uso racional de la energía de los equipos que se van energizar, esto para poder tener una relación técnico-económica coherente y sostenible. Sumado a esto, además de que el sistema puede funcionar en simultaneidad con la red eléctrica del operador. Sumado a esto, para los siguientes cálculos se anexa la factura de energía de la entidad (Ver anexos).

Consumo de energía promedio semestral de la entidad.

CONSUMO MENSUAL	
MES 1	818
MES 2	753
MES 3	742
MES 4	839
MES 5	796
MES 6	868
PROMEDIO	**816**
CONSUMO DIARIO	**26,03**

Tabla 9. Consumo promedio de la entidad según facturas de OR

El dimensionamiento estará basado en los datos entregados por la meteorología y superficie de la IDEAM, que para el municipio de Guaranda tiene como promedio de irradiación de 5-5.5 horas sol, por tal motivo se tomara el valor de 5 para efectos del cálculo.

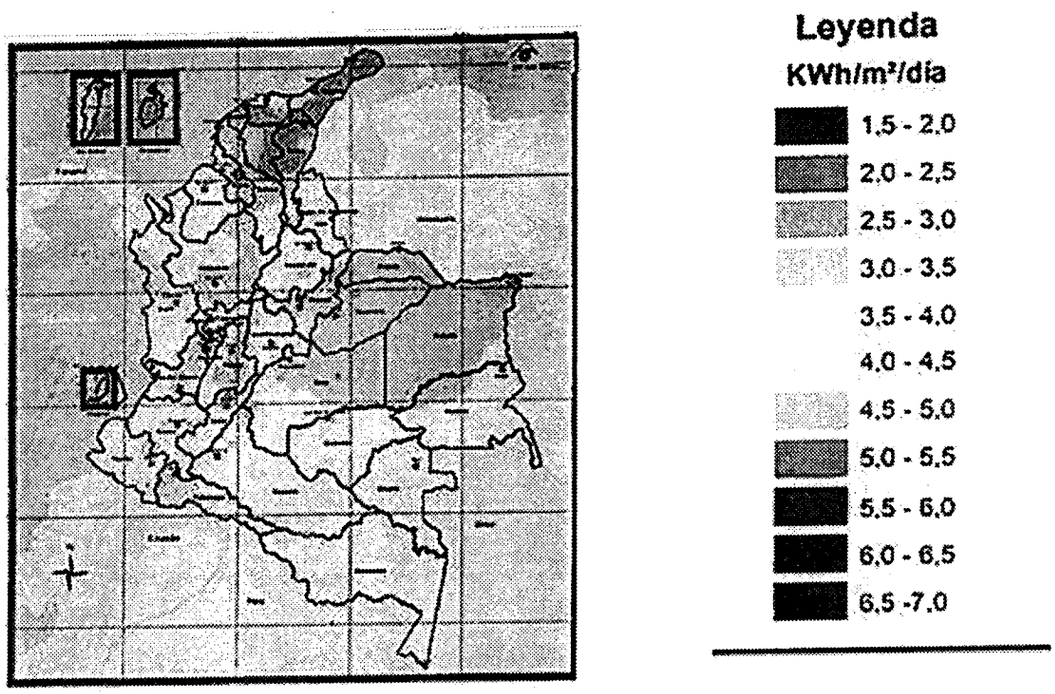


Ilustración 6. Irradiación en Colombia FUENTE: IDEAM

Teniendo en cuenta los datos anteriores se calcula el número de paneles solares teniendo en cuenta la potencia por panel de 700W y un factor de seguridad del 60%

$$N_{total} = \frac{E * 1.6}{P_{panel} * h}$$

Donde E es la energía diaria consumida en vatios hora/día y h es la irradiación de la zona:

$$N_{total} = \frac{26.3 * 1000 * 1.6}{700 * 5} = 12.02$$

$$N_{total} = 14$$

Se implementa una Sistema solar con 16 paneles de 700W, esto debido a que, aunque según los cálculos se necesitan 14 paneles, se plantea utilizar la totalidad disponible en piso (área en planos). Esto, en términos de eficiencia es beneficioso, ya que se podría suplir mucha más energía durante las horas pico de sol y se puede exportar los excedentes a la red. Teniendo en cuenta esta información, se calcula la potencia pico del Sistema PV.

$$P_{pico} = \frac{16 * 700}{1000} = 11.2$$

$$P_{pico} = 11.2kWp$$

Ahora, se calcula la potencia mínima del inversor:

$$Potencia\ mínima\ en\ inversores = \frac{Potencia\ sistema}{Factor\ de\ seguridad} = \frac{11200W}{1.25} = 8960W$$

Se requiere para los inversores una potencia de 8960W, para esto, se implementa 1 inversor de 10KW teniendo en cuenta potencia máxima admisible (potencia pico) sin ser sobrecargada por encima de lo recomendada por el fabricante.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se pretende realizar un sistema de autogeneración a pequeña escala en la **MICROACUEDUCTO RURAL DE GAVALDA con NIC 7945929**, para cubrir la energía consumida por la entidad.

Actualmente el consumo energético la entidad es de 1335 kWh/Mes en promedio, siendo así, mediante la implementación de la planta solar se pretende generar 1680 kWh/mes promedio, teniendo como soporte las simulaciones (ver anexos) con los parámetros del sistema y Gavalda, brindando como aporte un 100% de ahorros en los costos operativos por parte del operador de red AFINIA. Teniendo en cuenta ciertas perdidas y que en horas de baja irradiación el operador de red cubre lo que la generación fotovoltaica no pueda suministrar.

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto de autogeneración Fotovoltaica de 11,2kWp se localiza en las coordenadas geográficas 8°20'33.69"N, 74°47'14.22"O, Gavalda, Sucre.

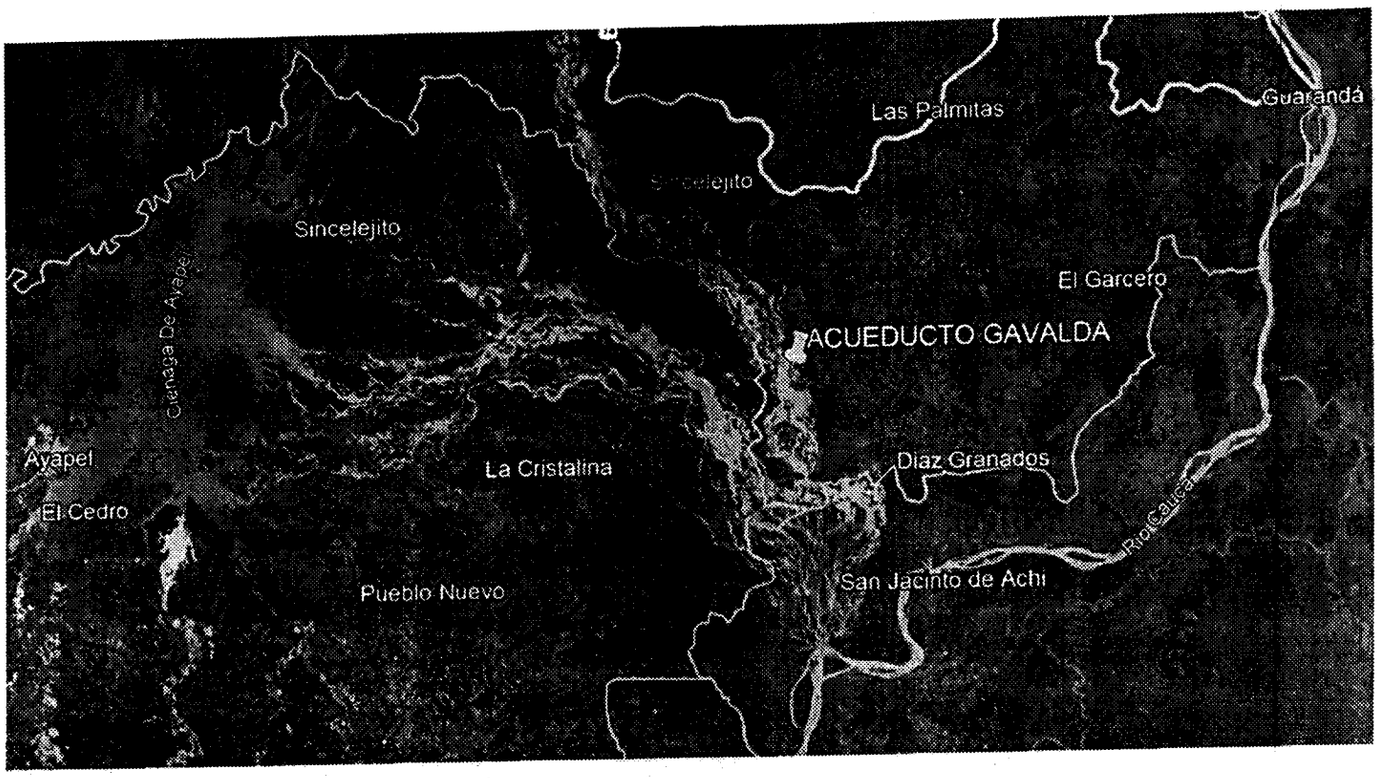


Ilustración 7. Ubicación del Proyecto.

3. OBJETO.

Detalle al diseño de un sistema solar fotovoltaico de 11,2kWp en las instalaciones de Microacueducto Gavalda, Guaranda, Sucre. Colombia.

4. CONSTRUCTOR DE OBRA.

No aplica dentro de la fase de diseños y planteamiento del proyecto.

5. CARACTERÍSTICA DE LA CARGA.

La alimentación de los tableros corresponde a circuitos auxiliares, luces y tomacorrientes, las cargas principales son cargas no lineales como computadores, cámaras y o electrodomésticos.

6. PROYECCIÓN DEL SISTEMA PV.

Teniendo en cuenta el punto de conexión seleccionado (PC) y el área disponible en piso, se agrupan el sistema solar de la siguiente forma:

CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO					
MPPT	P. PANEL	#PANELES	P TOTAL	UBICACION	INVERSOR

#1	700	8	5600	PISO	10 KW - #1
#2	700	8	5600	PISO	10 KW - #1

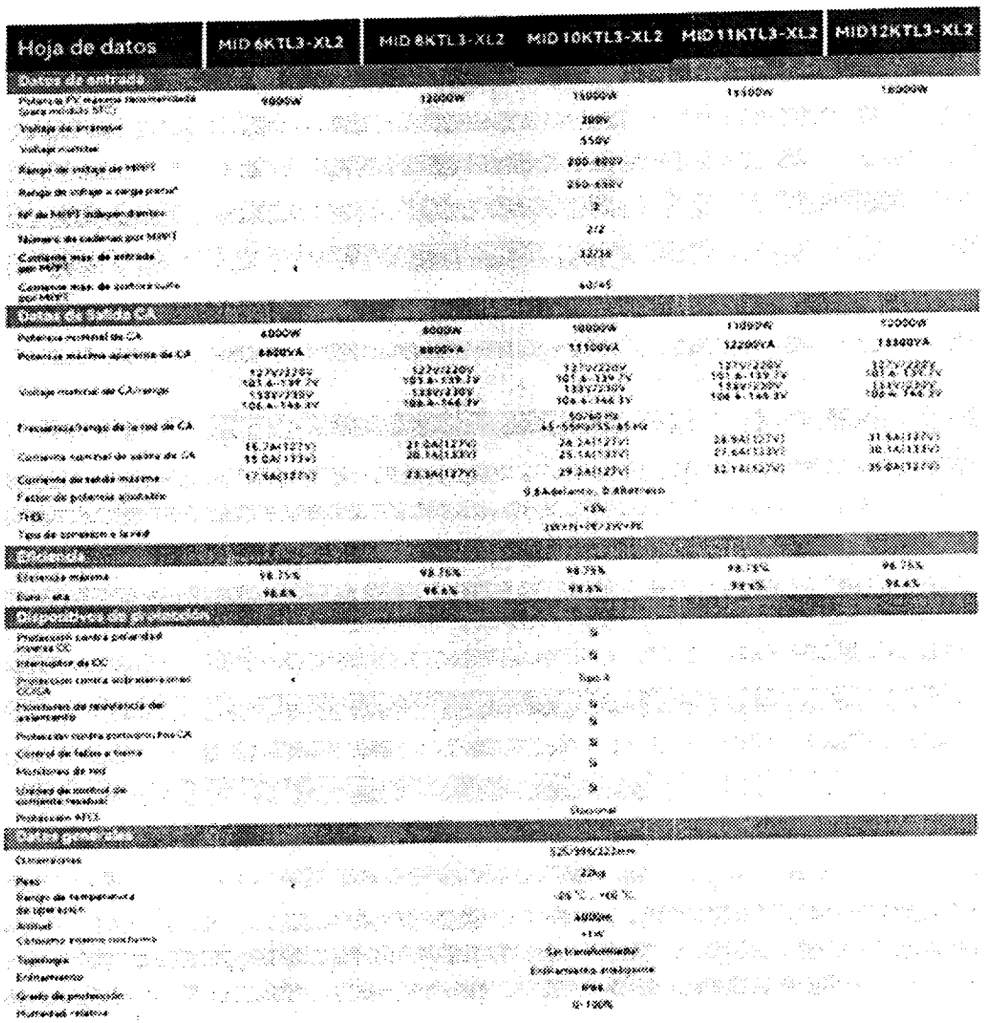
Tabla 10. Conformación del proyecto PV.

7. SELECCIÓN DEL INVERSOR

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente en el dimensionamiento general, disponibilidad de equipos y las características del punto de conexión, para la implementación proyecto se dispondrá de 1 inversor, (Voltaje nominal 220V, 3L+PE). No se implementa un transformador para conectarse al TGBT el cual su funcionamiento es a 220V.

8. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS EQUIPOS

- MID 10KTL3-XL2



Hoja de datos	MID 6KTL3-XL2	MID 8KTL3-XL2	MID 10KTL3-XL2	MID 11KTL3-XL2	MID 12KTL3-XL2
Datos de entrada					
Potencia FV máxima recomendada (para módulos STC)	9000W	12000W	15000W	16500W	18000W
Voltaje de arranque			200V		
Voltaje nominal			550V		
Rango de voltaje de MPPT			200-1000V		
Rango de voltaje a carga parcial			250-1000V		
Nº de MPPT independientes			2		
Número de cadenas por MPPT			2/2		
Corriente máx. de entrada por MPPT			32/32		
Corriente máx. de cortocircuito por MPPT			40/40		
Salida CA / Entrada CA					
Potencia nominal de CA	6000W	8000W	10000W	11000W	12000W
Potencia máxima aparente de CA	6600VA	8800VA	11000VA	12100VA	13200VA
Voltaje nominal de CA/rango	127V/220V 101.6~139.7V 176.3~241.3V 133V/230V 106.4~146.3V 184.8~253V	127V/220V 101.6~139.7V 176.3~241.3V 133V/230V 106.4~146.3V 184.8~253V	127V/220V 101.6~139.7V 176.3~241.3V 133V/230V 106.4~146.3V 184.8~253V	127V/220V 101.6~139.7V 176.3~241.3V 133V/230V 106.4~146.3V 184.8~253V	127V/220V 101.6~139.7V 176.3~241.3V 133V/230V 106.4~146.3V 184.8~253V
Frecuencia/rango de la red de CA			50/60Hz 45~55Hz/55~65Hz		
Corriente nominal de salida de CA	16.7A(127V) 15.0A(133V)	22.0A(127V) 20.1A(133V)	28.3A(127V) 25.1A(133V)	28.9A(127V) 27.6A(133V)	31.5A(127V) 30.1A(133V)
Corriente de salida máxima	17.6A(127V)	23.6A(127V)	29.3A(127V)	32.1A(127V)	35.0A(127V)
Factor de potencia ajustable			0.8Adelanto...0.8Retraso		
THDi			<3%		
Tipo de conexión a la red			3W/N+PE/3W+PE		
Eficiencia					
Eficiencia máxima	98.3%	98.3%	98.3%	98.3%	98.3%
Euro-eta	98.0%	98.0%	98.0%	98.0%	98.0%
Protección y funciones					
Protección contra polaridad inversa CC			Sí		
Interruptor de CC			Sí		
Protección contra sobretensiones CC/CA			Tipo II		
Protección de resistencia del aislamiento			Sí		
Protección contra corriente residual CA			Sí		
Control de fallos a tierra			Sí		
Monitoreo de red			Sí		
Unidad de control de corriente residual			Sí		
Protección AFCI			Opcional		
Datos básicos					
Dimensiones			525*495*222mm		
Peso			22kg		
Rango de temperatura de funcionamiento			-25 °C ... +60 °C		
Ruido			<30dB		
Autoconsumo nocturno			<1W		
Topología			Sin transformador		
Enfriamiento			Enfriamiento inteligente		
Grado de protección			IP66		
Humedad relativa			0~100%		

Ilustración 8. Datasheet inversores 10-kW.

• PANEL SOLAR 700-W

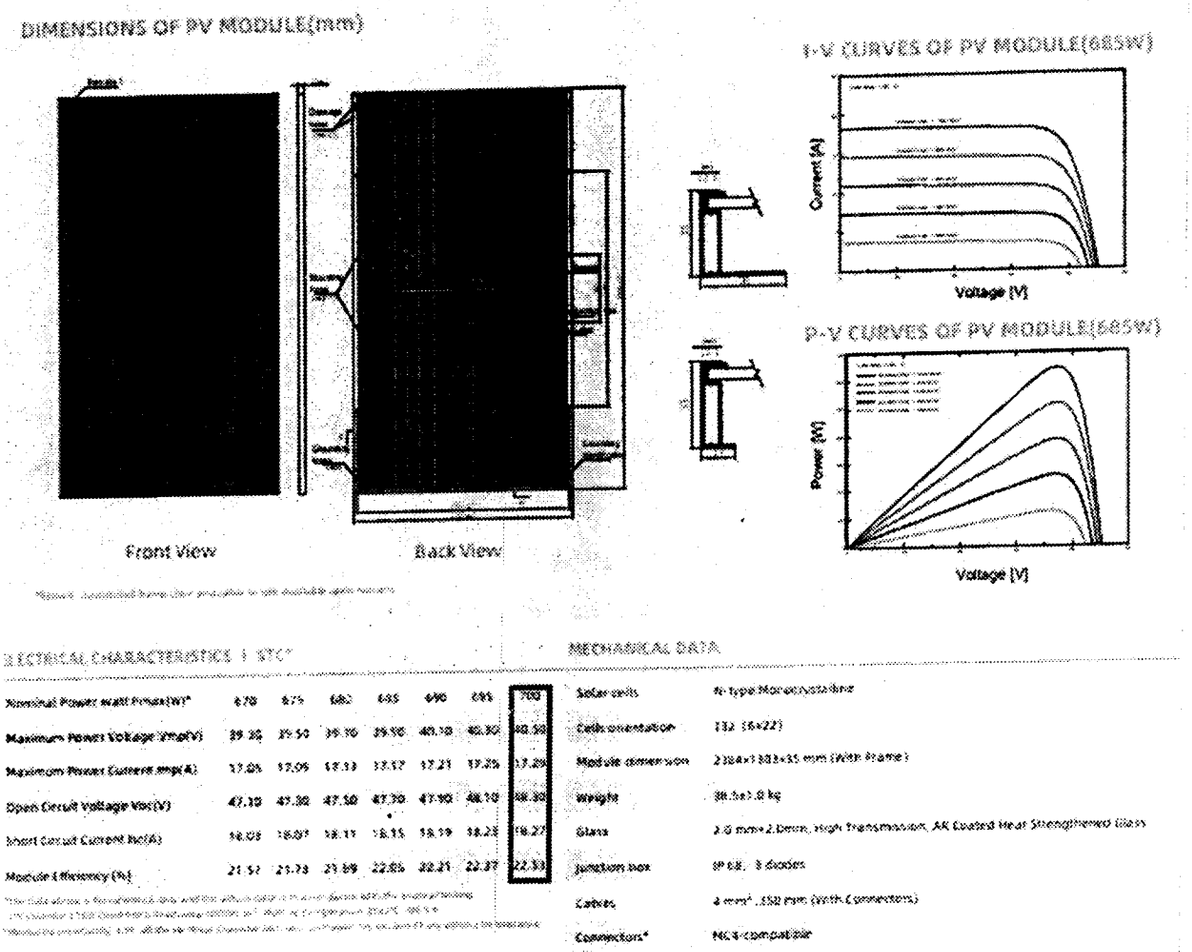


Ilustración 9. Datasheet Panel solar 700W.

9. CONFORMACIÓN DE LAS CADENAS:

De acuerdo con las características de los equipos a utilizar, la configuración del sistema se determina de la siguiente manera:

• Ejemplo con el inversor: MID 10KTL3-XL2.

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ serie = \frac{Voltaje\ máximo\ inversor}{Voltaje\ circuito\ abierto} = \frac{800}{48.3} = 16.56 \approx 17$$

Número de paneles en paralelo:

El inversor por utilizar tiene 2 MPPT con la capacidad de:

Max Isc: 40

Max Imp: 32

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ paralelo\ (Isc) = \frac{Isc\ máx\ MPPT\ inversor}{Corriente\ corto\ circuito\ panel} = \frac{40}{18.27} = 2.18$$

$$\#Máximo\ de\ paneles\ en\ paralelo\ (Imp) = \frac{Imp\ máx\ MPPT\ inversor}{Imp\ circuito\ panel} = \frac{32}{17.29} = 1.85$$

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, se decide utilizar 2 MPPT del inversor con 8 en serie. Ahora, debido a que el lugar de instalación es en piso. Es importante aclarar, los inversores se pueden sobrecargar más de su potencia nominal en base a sus características eléctricas en el lado de DC.

• Sistema 1: 16 paneles de 700W y 1 inversor de 10kW conectados de la siguiente manera:

- Inversor 1:
  - MPPT 1: 8 Paneles en serie (Instalación en piso)
  - MPPT 2: 8 Paneles en serie (Instalación en piso)

Bajo esta configuración se respecta el voltaje máximo de entra del equipo y la corriente máxima permitida por MPPT; además no se sobrecarga los inversores por encima de lo recomendado por él fabricante, por lo cual se garantiza un rendimiento óptimo de los equipos.

Jesus Andres Payares
Ingeniero Eléctrico.
MP. AT 205-172063

ANEXOS.

afinia
Grupo epm

NIC: 7945929

Total a Pagar: $ 17.018.260
Total Mes: $4.229.840
Fecha de pago oportuno: 13/04/2026

No. Facturas vencidas: 19
Saldo anterior: $ 12.788.420
Fecha emisión: 30/03/2026
Documento equivalente No.: 94302603034957
ID. de Cobros: 7945929080 - 75

Datos del Usuario y/o Suscriptor

Titular de Pago
MUNICIPIO DE GUARAND

Usuario o suscriptor
MUNICIPIO DE GUARAND

Estrato/Clasificación
Com (Sencilla Niv.1) Caribe

Dirección de suministro
CL 2 CR 1-152
GAVALOAD
GUARANDA
MICROACUEDUCTO GAVALDA

Dirección de Envío
CR 5 4-73
CENTRO
GUARANDA
GUARANDA

Resumen factura actual

Periodo facturado 20/02/2026 - 24/03/2026

Energía | Otras Entidades

$ 3.625.570	$ 0,00	$ 604.270,00	$ 0,00	$ 4.229.840

Aviso de suspensión

Suspensión a partir: 14/04/2026

El no pago oportuno de la factura, dará lugar a la suspensión del servicio a partir de la fecha indicada en esta. Contra esta decisión procede el recurso de reposición ante la empresa y en subsidio el de apelación ante la SSPD, dentro de los cinco días siguientes al recibo de esta factura. En caso de padecer una situación de vulnerabilidad que pueda afectar sus derechos fundamentales con ocasión de la suspensión deberá acreditarlo antes de la fecha de suspensión.

Tu seguridad nos importa – Paga tu factura registrándote en nuestra Oficina Virtual en www.afinia.com.co o a través de Afiniapp. Reporta sospechas al 115.

El Gobierno Nacional, mediante el Decreto Legislativo 517 del 4 de abril de 2020 y la Resolución MME 40130 del 11 de mayo de 2020, creó el programa "Comparto mi Energía" para que usuarios de estratos 4, 5, 6, y sectores comerciales e industriales realicen aportes voluntarios. Puede unirse ingresando a https://caribemar.facture.co/Pagar y seleccionando el botón "Aportar" para indicar el monto de su contribución

Para mayor información consulte www.afinia.com.co

Consumo de los últimos 6 meses (kWh) — Periodo actual / Periodo anterior

1518	1136	2062	1715	1286	386	3294

Promedio Consumo Diario (kWh): 44,51

Información relevante

Caribemar-Afinia informa que el valor del cargo por aporte unitario "CU" hace del cargo de comercialización, conforme lo establecido en la Resolución CREG 101 028 de 2020.

Caribemar-Afinia cumple con una serie de indicación de los indicadores de calidad del servicio según el previsto en la resolución particular de aplicación de vigencia, Resolución CREG 025 de 2021.





1234567890123456 - 4310 - 0002 - 2916 - 001570

Estado de cuenta

No. Facturas Vencidas: 19 Monto: $12.788.420 Fecha Ultimo Pago: 30/03/2026 Monto: $473.390

No. Financiaciones pendientes: 0 Monto: $0 Tasa por mora vigente: 1,91%

Monto en reclamo $

NOTA: El monto en reclamo no esta incluido en el total a pagar de esta factura.

NIC: 7945929

Total a Pagar: $ 17.018.260

Total Mes: $4.229.840

[illegible]: 13/04/2026

Calidad del Servicio

Circuito / Transformador

CIRCUITO: GUARANDA CODIGO: 10717801 GRUPO CALIDAD: 23

DIUO.: 0242,20 FIUO.: 240 DIU.: 0109,51 FIU.: 152

Otras Entidades

Impuesto Alumbrado Publico	604.264,54
Redondeo Facturaciones Ante	4,03
Aproximación a decenas	1,43
Valor Total Alumbrado	604.270,00

Datos de lectura

Fecha Lectura Anterior: 20/02/2026 Fecha Lectura Actual: 24/03/2026 Dias Facturados: 32

Medidor	Tipo	Lectura Actual	Lectura Anterior	Factor Multiplo	Consumo KWh
16007470	Activa BT	89495	86201	1	3294

Novedad en Lectura: -0-

Propiedad del Activo: Empresa MEDICION

Costo unitario $/kWh

D:	314,40
T:	50,62
PR:	116,96
R:	27,18
D:	197,18
C:	210,96
CU:	917,22

Datos de consumo

	Tarifa en $/kWh	Consumo kWh	Valor en $
Consumo	917,22	3.294	3.021.322,68
Contribucion	183,44	3.294	604.251,34
Total			3.625.574

Detalle de conceptos facturados

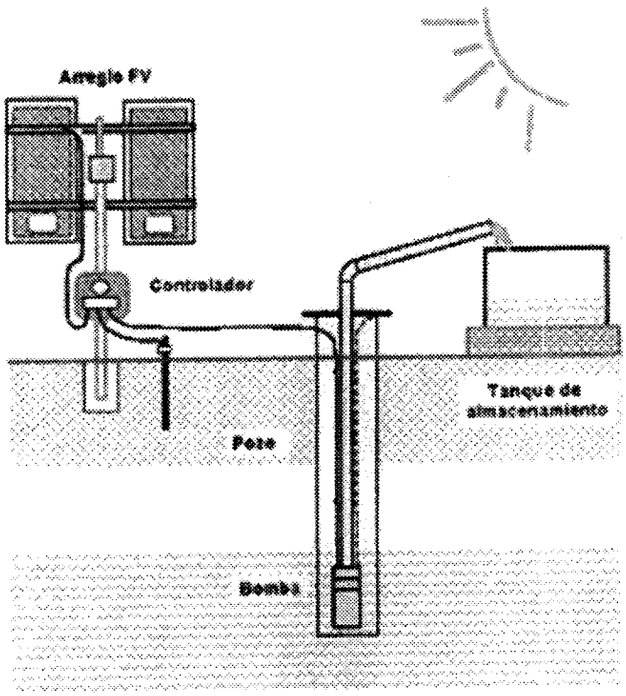
	Valor ($)
Consumo	3.021.322,68
Contribucion	604.251,34
Aproximacion a decenas	-4,04

Gobernación de Sucre | Secretaría de Energías

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PROYECTO: ***"OPTIMIZACION DEL SUMINISTRO ELECTRICO MEDIANTE ENERGIA FOTOVOLTAICA EN MICRO ACUEDUCTOS RURALES EN LOS MUNICIPIOS DE SINCÉ, GALERAS, GUARANDA, Y EL ROBLE EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE."***

Micro acueducto de El SITIO municipio de El Roble departamento de Sucre



MAYO 2026

GOBERNACION DE SUCRE.

SECRETARIA DE ENERGIAS.

0. PRELIMINARES

0.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO COMPONENTE CIVIL

DESCRIPCIÓN:

Una vez recibido el área o terreno, será de responsabilidad del Constructor localizar y replantear la obra, que es la operación que tiene por objeto el traslado fiel al terreno de las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

El Constructor adoptará sus propias medidas en relación con cualquier otro terreno que requiera para la ejecución del contrato y que se encuentre por fuera de los límites de la obra contratada.

Debe conservar todos sus elementos, reponiendo periódicamente aquellos que sufran deterioro y emplazando los auxiliares que sean necesarios para la correcta ubicación y ejecución de los trabajos contratados.

Este replanteo deberá ser verificado por la Interventoría y aprobado por ésta.

Ningún trabajo de movimiento de tierras podrá comenzar sin que el terreno se encuentre chaflanado o estacado en conformidad con lo indicado en el proyecto.

Con el objeto de llevar un adecuado control y referencia de los trabajos, junto con el replanteo del trazado, el Constructor deberá ejecutar o reponer las estacas del proyecto en longitud de acuerdo a la magnitud y categoría de la obra.

El Constructor deberá instalar, además, puntos de referencia altimétricos distanciados y ubicados fuera de la zona de los trabajos y en lugares donde no puedan sufrir ningún daño previsible durante el período de construcción.

La ubicación y las cotas de estos elementos deberán ser entregadas a la Interventoría antes de iniciar el trabajo que las requiera.

EQUIPOS:

- Herramienta menor
- Estación Total
- Nivel de precisión hasme

MATERIALES:

- Estacas para topografía
- Nylon
- Puntilla 2"

TRANSPORTE:

- No

MANO DE OBRA:

- Topógrafo
- Cadenero

MEDIDA Y PAGO:

Los trabajos de localización y replanteo topográfico de todas las actividades de la obra se miden y se pagan por ***Metro Cuadrado (M2)***. El precio unitario incluye todos los costos por el suministro, fabricación, transporte y almacenamiento de estacas, mojones, varas, pinturas etc. La utilización de equipos de topografía, la sistematización de la información y la mano de obra para las labores temporales y permanentes de topografía.

0.2. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO COMPONENTE ELÉCTRICO.

DESCRIPCIÓN:

Una vez recibido el terreno, será responsabilidad del Contratista efectuar la localización y replanteo del componente eléctrico del proyecto, actividad que comprende la identificación en campo de los puntos de implantación de las obras eléctricas conforme a las dimensiones, alineamientos, cotas y coordenadas establecidas en los planos, diseños y documentos técnicos aprobados.

- Nivel de precisión
- Telurómetro

MATERIALES:

- Estacas para topografía
- Nylon
- Puntilla de 2"

TRANSPORTE:

- No

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Auxiliar electricista
- Ingeniero electricista.

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida y pago para la actividad de localización y replanteo del componente eléctrico será la ***unidad (UN)***.

El precio unitario incluirá todos los costos directos e indirectos necesarios para la correcta ejecución de la actividad, tales como mano de obra, equipos, herramientas, materiales menores, transporte interno, replanteo en campo, análisis de resistividad eléctrica del terreno, marcación de puntos, control de niveles, revisión técnica y todos los demás elementos requeridos para la completa ejecución y aprobación de los trabajos por parte de la Interventoría.

1. COMPONENTE ELÉCTRICO

1.1. IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA LA OPERACIÓN FOTOVOLTAICA E INSTALACIONES INTERNAS

1.1.1. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS MONOCRISTALINOS 29.4 KWP (42 PANELES DE 700 WP CADA UNO) CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS: η=20%; +3% CONDICIONES STC. GARANTÍA DE PRODUCCIÓN A 12 AÑOS DEL 90% Y DEL 80% A 25 AÑOS, TEMPERATURA DE TRABAJO DE -40°C +80°C, IEC61205. CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO INTERNACIONAL INCLUYE ACOMETIDA SUBTERRÁNEA EN CABLE SOLAR EN COBRE NO. 6MM2 DESDE BAJANTE HASTA GABINETE DC POR BANDEJA PORTACABLES TIPO MALLA 50X100X3000MM, EXCAVACIÓN Y CAJAS DE REGISTRO ELÉCTRICO.

DESCRIPCION:

Esta actividad corresponde al suministro e instalación de paneles solares.

Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre ellos (energía solar fotovoltaica).

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas STC, que son (si son metálicos):

- Radiación solar de 1000 W/m²
- Temperatura de celda de 25 °C (no temperatura ambiente) Y condiciones NOTC
- Radiación solar de 800 W/m²
- Temperatura de celda de 20 °C (temperatura ambiente)

- Velocidad de viento 1m/s

Los paneles fotovoltaicos, en función del tipo de celdas que los forman, se clasifican en:

- Monocristalinos: se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, se aprecian que son curvos, debido a que es una celda circular recortada).
- Policristalinos: cuando están formados por pequeñas particulas cristalizadas.
- Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Uno o varios paneles constituyen un generador solar fotovoltaico. En la mayoría de los casos en las instalaciones de energía solar fotovoltaica, todas las celdas que conforman un módulo deben responder a la misma descripción y a la misma curva de (Corriente – Tensión). Y de la misma manera sucede con todos los módulos que conformen un generador; es decir, no se deben instalar módulos de distintas caracteristicas y potencias.

Todos los módulos que conforman un generador solar fotovoltaico han de tener las mismas características eléctricas.

La conexión eléctrica entre paneles o módulos solares puede ser de tres clases:

- Conexión en serie.
- Conexión en paralelo.
- Combinando las anteriores hasta lograr la intensidad y tensión necesaria.

Un generador fotovoltaico está calculado para que genere una tensión de salida un poco por encima de la tensión que requiere el acumulador para completar su carga; así, su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también es mayor su peso, grosor y por ende su costo.

El generador fotovoltaico siempre estará en condiciones de cargar el acumulador, incluso en condiciones adversas (temperatura de las celdas alta, o baja insolación). Cuando se habla de tensión teórica de trabajo por ejemplo en un sistema de 12 Vdc,

el panel tiene que suministrar una tensión superior a ésta para poder así cargar las baterías; es decir, la tensión real es mayor. Con bastante frecuencia se realizan conexiones tanto en serie como en paralelo hasta conseguir los valores idóneos para cada aplicación.

Los materiales utilizados en el montaje de la instalación solar fotovoltaica deben ser aptos para las características adversas del medioambiente en las que se instale y ser compatibles con las condiciones de alta temperatura y humedad, así como de acidez del suelo, esto con el fin de evitar la corrosión galvánica y/o electroquímica de los materiales que la componen. Por lo tanto, es requisito seguir las normas requeridas por los equipos para la protección contra la corrosión y humedad para cada uno de los sistemas solares fotovoltaicos instalados por usuario beneficiado y de acuerdo a la región del proyecto.

1.1.2. SUBESTACIÓN TRIFÁSICA DE 30KVA DE 13.200 V-208-120V. INCLUYE TABLEROS DE PROTECCIONES, ACCESORIOS PARA CONEXIONES.

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende el suministro, transporte, montaje, conexión y puesta en servicio de una subestación eléctrica trifásica de 30 kVA, con tensión primaria de 13.200 V y secundaria de 208/120 V, destinada a la alimentación de cargas de baja tensión.

Incluye el transformador de distribución, estructuras de soporte, herrajes, sistema de protecciones en media y baja tensión, tableros eléctricos, accesorios de conexión, puesta a tierra y todos los elementos necesarios para su correcta operación, conforme a la normatividad vigente.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Localización, replanteo y adecuación del sitio de instalación.
- Montaje de estructura de soporte (poste o plataforma según diseño).
- Izaje e instalación del transformador de 30 kVA.

- Instalación de protecciones en media tensión (cortacircuitos tipo fusible y/o seccionador).
- Instalación de pararrayos en el lado de media tensión.
- Tendido y conexión de conductores de media tensión.
- Instalación de bajantes y conexiones a sistema de puesta a tierra.
- Montaje de tablero general de baja tensión con sus respectivas protecciones.
- Conexión del secundario del transformador (208/120 V) al tablero general.
- Verificación de polaridades, aprietes mecánicos y continuidad.
- Pruebas eléctricas, energización y puesta en servicio.

EQUIPOS:

- Camión grúa o grúa hidráulica
- Equipo de herramientas eléctricas y manuales
- Equipo de medición eléctrica (multímetro, telurómetro, pinza amperimétrica)
- Equipo de seguridad industrial

MATERIALES:

- Transformador trifásico 30 kVA, 13.2 kV / 208-120 V
- Cortacircuitos tipo fusible (cut-out) para media tensión
- Fusibles tipo K adecuados a la capacidad del transformador
- Pararrayos de media tensión (poliméricos)
- Conductores de media tensión
- Conductores de baja tensión
- Tablero general de baja tensión con barrajes
- Interruptor totalizador (según diseño, aprox. 3x100 A)
- Breakers derivados (según cargas)
- Sistema de puesta a tierra (varillas copperweld, conductor de cobre desnudo, conectores) 37
- Herrajes, conectores, terminales, aisladores
- Canalizaciones (tubería PVC/EMT según diseño)
- Tornillería y elementos de fijación

MANO DE OBRA:

- Ingeniero electricista (supervisión)
- Técnico electricista
- Liniero
- Ayudantes

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UND)*** de subestación trifásica completamente instalada, probada y en funcionamiento.

El pago incluirá el suministro de todos los materiales, equipos, herramientas, transporte, izaje, mano de obra calificada y no calificada, así como todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

El pago se realizará previa verificación y aprobación por parte de la Interventoría, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, planos y normatividad vigente.

1.1.3. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE PUESTA A TIERRA CON VARILLA DE COBRE 2,4M X 5/8", BAJANTE EN CABLE DE COBRE DESNUDO TEMPLE DURO NO. 2/0 AWG, CON TERMINALES EN COBRE Y TRATAMIENTO DE SUELO.

DESCRIPCION:

La presente especificación técnica tiene por objeto establecer los requisitos, condiciones de utilización y prestaciones básicas que deben satisfacer las varillas cilíndricas de cobre para puestas a tierra permanentes.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

La varilla no debe ser afectada por electrólisis y/o corrosión galvánica cuando se instale bajo las condiciones reales de servicio y esté expuesta a la humedad. Debe tener rigidez y resistencia mecánica adecuadas para permitir su instalación en el terreno sin rotura o deformaciones que afecten su servicio. Para varillas con núcleo

de acero, el revestimiento de cobre se depositará mediante electrólisis o fusión que asegure la perfecta adherencia del cobre sobre el núcleo de acero.

Las longitudes de las varillas deben ser de 2,44 m. En caso de solicitarse fraccionada en tramos de 1,20 m, para propósito dual (como extensión o como terminal), su unión será por medio de un acople roscado en bronce. El roscado se efectuará después del cobrizado, por el procedimiento de laminado en frío sin arranque de viruta. La rosca no deberá tener ningún punto en que se haga visible el acero, la unión debe ser de cobre o aleación de cobre con un contenido mínimo del 80% de cobre y proveer una conexión eléctrica y mecánica entre los segmentos de las varillas. Para el hincado de la varilla fraccionada se colocará un tornillo roscado (perno de hincado) sobre el cual se golpea para el enterramiento.

Cuando se utilice unión mecánica el conector y su tornillo deben ser de cobre o aleación de cobre con un contenido mínimo de 80% de cobre y debe proveer una conexión eléctrica y mecánica entre la varilla de puesta a tierra y el conductor. La unión mecánica debe ser rígida.

Las varillas serán instaladas, enterradas en cualquier zona del área de del proyecto. Los suelos donde son hincadas podrán ser terrenos de relleno, arenosos, rocosos, arcillosos semiduros, con una capa de profundidad variable de humus, abarcando químicamente suelos desde ácidos a alcalinos y desde oxidantes a reductores con gran variedad en la cantidad y tipo de sales solubles.

Para los suelos ácidos y con alta resistividad se deberá utilizar varillas sólidas de cobre, para puestas a tierra de subestaciones de distribución. En suelos alcalinos, de baja resistividad y poca dificultad en el enterramiento se utilizarán varillas con núcleo de acero recubiertas de cobre por proceso de electrólisis o deposición del cobre sobre el acero y no se aceptará las del tipo enchaquetado.

Las varillas 2,44 m se utilizarán en subestaciones de distribución, cajas y armarios de medidores. Las varillas seccionadas se emplearán cuando se requiera profundizar la puesta a tierra.

La instalación no posee Sistema de puesta a tierra, sin embargo, se implementa un SPT según la IEEE80-2000, se realiza un modelo rectangular con 4 nodos unidos por cable 2/0 AWG.

Por tal motivo se propone un sistema rectangular con 4 varillas y cable 2/0 AWG con soldadura exotérmica Este SPT se conectará al tablero principal de baja tensión que alimenta la bomba y el cual será el punto de conexión del sistema solar.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Varilla de cobre de 2,4m x 5/8" + conector
- Soldadura exotérmica
- Cable 2/0 AWG

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida de esta actividad es por ***Unidad (UNIDAD)***, y su pago se realizará con un valor igual al estipulado en los formatos de precios unitarios.

1.1.4. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE INVERSOR DE 25 KW, 800 VDC - 220 VAC, 60 HZ, PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA. INCLUYE TABLERO DE PROTECCIONES DC TIPO INTERIOR GRADO DE PROTECCION IP65 DE 800 X 600 X 250 MM PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA Y SOBRETENSIONES DE ACUERDO AL DIAGRAMA UNIFILAR Y TABLERO DE PROTECCIONES AC TIPO INTERIOR GRADO DE PROTECCION IP65 DE 800 X 600 X 250 MM PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA Y SOBRETENSIONES DE ACUERDO AL DIAGRAMA UNIFILAR:

Inversor MID 25KTL3-XL2 de 25 kW

Máxima potencia FV recomendada (STC): 37500W

Rango de potencia máxima: 200-800V

Numero de MPPTs: 4

Potencia nominal CA: 25000W

Corriente máxima de salida: 72,9A

Distorsión armónica total: < 3%

Eficiencia de MPPT: 99,90%

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

- Fijar el Inversor en el tablero de control.
- Para colocar el Inversor en el tablero de control, debe considerarse que debe ir ubicado de tal forma que se deje espacio suficiente para poder realizar el cableado adecuadamente.
- Coloque el Inversor de carga en la plancha del tablero de control y ajústelo firmemente con los pernos o tornillos.
- Fije la caja o gabinete de control. Elija un ambiente seco y alejado de los rayos del sol. Además, debe ser un lugar accesible y visible para los usuarios.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Inversor solar
- Cofre aisiv maniobra y cableado con sistema de alimentación hibrida
- Sistema de protección y aislamiento

MANO DE OBRA:

- Técnico eléctrico
- Ayudantes eléctricos

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida de esta actividad es por ***Unidad (UNIDAD)***, y su pago se realizará con un valor igual al estipulado en los formatos de precios unitarios.

- Cinta de señalización para redes eléctricas
- Arena o material seleccionado para relleno
- Conectores, terminales y elementos de fijación

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Oficial de obra
- Auxiliares

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UND)*** de acometida subterránea completamente ejecutada entre el tablero AC y el tablero principal.

El pago incluirá el suministro de materiales, excavación, canalización, relleno, compactación, transporte, herramientas, equipos y mano de obra necesaria para la correcta ejecución del ítem.

El pago se realizará previa verificación y aprobación por parte de la Interventoría, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normatividad vigente.

1.1.6. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN DESDE TRANSFORMADOR A TABLERO PRINCIPAL. INCLUYE: CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA Y EXCAVACIÓN, PROFUNDIDAD 50 CM Y RESERVA.

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende el suministro, transporte, instalación y puesta en servicio del cableado de media tensión desde el transformador hasta el tablero principal, incluyendo la ejecución de canalización subterránea, excavación, tendido de conductores y todas las actividades necesarias para garantizar una instalación segura, confiable y conforme a la normatividad vigente.

1.1.5. ACOMETIDA SUBTERRÁNEA DE TABLERO AC A TABLERO PRINCIPAL, PROFUNDIDAD 50 CM (INCLUYE EXCAVACIÓN Y CANALIZACIÓN).

DESCRIPCION:

Este ítem comprende la ejecución de una acometida eléctrica subterránea desde el tablero AC hasta el tablero principal, incluyendo las actividades de excavación, canalización, tendido de conductores, relleno y compactación, garantizando una instalación segura, confiable y conforme a la normatividad vigente.

La canalización se realizará a una profundidad mínima de 50 cm, asegurando la adecuada protección mecánica de los conductores y su correcta operación.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Localización, trazado y replanteo de la ruta de la acometida.
- Excavación manual o mecánica de zanja con profundidad mínima de 50 cm.
- Nivelación y adecuación del fondo de la zanja.
- Instalación de tubería conduit (PVC o EMT según diseño).
- Tendido de conductores eléctricos desde el tablero AC hasta el tablero principal.
- Instalación de cinta de señalización sobre la canalización.
- Relleno de la zanja con material seleccionado y compactación por capas.
- Conexión de conductores en ambos tableros.
- Verificación de continuidad, aislamiento y correcta instalación.

EQUIPOS:

- Herramientas manuales (palas, picos, etc.)
- Equipo de corte y doblado de tubería
- Equipos de medición eléctrica
- Herramientas menores

MATERIALES:

- Conductores eléctricos (según calibre de diseño)
- Tubería conduit (PVC o EMT)
- Accesorios de canalización (codos, uniones, cajas de paso)

La canalización se realizará a una profundidad mínima de 50 cm, incluyendo reserva de cable para maniobras, conexiones y mantenimiento.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Localización, trazado y replanteo de la ruta de la canalización.
- Excavación manual o mecánica de zanja con profundidad mínima de 50 cm.
- Adecuación y nivelación del fondo de la zanja.
- Instalación de tubería conduit para media tensión (PVC o PEAD según diseño).
- Tendido del cable de media tensión desde el transformador hasta el tablero principal, incluyendo reserva técnica en extremos.
- Instalación de cinta de señalización sobre la canalización.
- Relleno con material seleccionado y compactación por capas.
- Conexión del cableado en bornes del transformador y del tablero principal mediante terminales apropiados.
- Verificación de continuidad, aislamiento y pruebas eléctricas previas a la energización.

EQUIPOS:

- Herramientas manuales (palas, picos, etc.)
- Equipo de tendido de cable
- Equipos de medición eléctrica (megóhmetro, multímetro)
- Herramientas menores

MATERIALES:

- Cable de media tensión (según nivel de tensión y calibre de diseño)
- Tubería conduit para media tensión (PVC o PEAD)
- Accesorios de canalización (codos, uniones, cajas de paso)
- Terminales y conectores para media tensión
- Cinta de señalización para redes eléctricas
- Arena o material seleccionado para relleno
- Elementos de fijación y consumibles

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Liniero
- Oficial de obra
- Auxiliares

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UND)*** de cableado de media tensión completamente instalado desde el transformador hasta el tablero principal, incluyendo canalización subterránea.

El pago incluirá el suministro de materiales, excavación, instalación de tubería, tendido de cable, relleno, compactación, transporte, herramientas, equipos y mano de obra necesaria para la correcta ejecución del ítem.

El pago se realizará previa verificación y aprobación por parte de la Interventoría, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normatividad vigente.

1.1.7. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLEADO DE INTERCONEXIÓN ENTRE PANELES SOLARES

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende el suministro, transporte e instalación del cableado de interconexión entre los módulos fotovoltaicos, permitiendo la conformación de strings y la correcta conducción de la energía generada hacia los equipos de conversión.

Incluye el uso de conductores especiales para sistemas fotovoltaicos, resistentes a radiación UV, humedad y condiciones ambientales exteriores, así como todos los accesorios necesarios para una instalación segura y conforme a la normatividad vigente.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Replanteo y organización de rutas de cableado sobre la estructura de soporte.
- Tendido de conductores entre módulos fotovoltaicos conforme a la configuración de strings.
- Conexión mediante conectores tipo MC4 o equivalentes.
- Fijación del cableado a la estructura mediante grapas o amarres resistentes a intemperie.
- Organización del cableado evitando esfuerzos mecánicos, curvaturas excesivas o puntos de roce.
- Verificación de polaridad, continuidad y correcto conexionado.

EQUIPOS:

- Herramientas manuales
- Pelacables y crimpadoras para conectores MC4
- Multímetro

MATERIALES:

- Cable fotovoltaico tipo PV1-F o equivalente (4 mm² o 6 mm² según diseño)
- Conectores MC4 o compatibles
- Grapas o amarres resistentes a radiación UV
- Elementos de fijación y consumibles

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Auxiliar electricista

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será el ***metro lineal (ML)*** de cable fotovoltaico instalado.

El pago incluirá el suministro de conductores, conectores, accesorios, herramientas, transporte, mano de obra y todas las actividades necesarias para la correcta instalación y funcionamiento del sistema.

El pago se realizará previa verificación y aprobación por parte de la Interventoría, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normatividad vigente.

1.2. REDES DE MEDIA TENSION Y ELEMENTOS DE SOPORTE

1.2.1. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE POSTE DE CONCRETO 12 *1350 kg (INCLUYE CIMENTACIÓN Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA).*

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende el suministro, transporte, izaje e instalación de poste de concreto de 12 metros de longitud y 1350 kg de capacidad, incluyendo excavación, cimentación en concreto y la implementación del sistema de puesta a tierra (SPT), garantizando estabilidad estructural, seguridad eléctrica y cumplimiento de la normatividad vigente.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Localización, replanteo y marcación del punto de instalación.
- Excavación manual o mecánica para el hincado del poste, según dimensiones de diseño.
- Izaje y posicionamiento del poste mediante camión grúa.
- Alineación, nivelación y plomado del poste.
- Preparación y vaciado de concreto para cimentación.
- Compactación y relleno del área intervenida.
- Instalación del sistema de puesta a tierra (varilla copperweld, conductor y conexiones).
- Verificación de verticalidad, estabilidad y correcta instalación.

EQUIPOS:

- Camión grúa o grúa hidráulica
- Mezcladora de concreto

- Herramientas manuales
- Equipo de medición eléctrica (telurómetro)

MATERIALES:

- Poste de concreto 12 m – 1350 kg
- Cemento gris
- Agregados (arena y grava)
- Agua
- Sistema de puesta a tierra (varilla copperweld, conductor de cobre, conectores)
- Material de relleno seleccionado
- Elementos de fijación y consumibles

MANO DE OBRA:

- Liniero
- Operador de grúa
- Oficial de obra
- Auxiliares

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UND)*** de poste instalado, incluyendo cimentación y sistema de puesta a tierra completamente ejecutados.

El pago incluirá el suministro del poste, transporte, excavación, izaje, cimentación, instalación del sistema de puesta a tierra, materiales, equipos, herramientas, mano de obra y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

El pago se realizará previa verificación y aprobación por parte de la Interventoría, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normatividad vigente.

1.2.2. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA MT331-1 *(INCLUYE RETENIDA A TIERRA EN ANCLA DE HORMIGÓN)*

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende el suministro, transporte, montaje e instalación de la estructura tipo MT331-1 para redes de media tensión, incluyendo todos sus herrajes, accesorios y la instalación de retenida a tierra con ancla en hormigón, garantizando la estabilidad mecánica de la estructura y el cumplimiento de la normatividad vigente.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Localización y replanteo del punto de instalación de la estructura.
- Verificación del poste soporte y condiciones mecánicas.
- Instalación de crucetas, ménsulas, aisladores y demás herrajes de la estructura MT331-1.
- Montaje y fijación de los elementos mediante pernos, tuercas y tornillería galvanizada.
- Excavación para la instalación de la retenida.
- Construcción del anclaje en hormigón para retenida.
- Instalación del cable de retenida (guaya), tensado y fijación al poste.
- Ajuste de tensión de la retenida garantizando la estabilidad estructural.
- Verificación de alineación, nivelación y correcta instalación de todos los componentes.

EQUIPOS:

- Camión canasta o escalera
- Equipo de izaje
- Herramientas manuales
- Equipo de perforación

MATERIALES:

- Herrajes y accesorios tipo MT331-1

- Crucetas metálicas
- Aisladores de media tensión
- Pernos, tuercas y tornillería galvanizada
- Cable de retenida (guaya de acero galvanizado)
- Tensor para retenida
- Ancla prefabricada o fundida en sitio en hormigón
- Cemento, arena, grava y agua (para anclaje)
- Elementos de fijación y consumibles

MANO DE OBRA:

- Liniero
- Técnico electricista
- Oficial de obra
- Auxiliares

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UND)*** de estructura MT331-1 completamente instalada, incluyendo la retenida con anclaje en hormigón.

El pago incluirá el suministro de materiales, transporte, montaje, excavación, construcción del anclaje, instalación de retenida, equipos, herramientas, mano de obra y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

El pago se realizará previa verificación y aprobación por parte de la Interventoría, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normatividad vigente.

1.2.3. SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE MEDIDA INDIRECTA TIPO EXTERIOR (3TT'S Y 3TC'S). INCLUYE, INSTALACION DE MEDIDA EN CALIENTE, BLOQUE DE PRUEBA, CABLEADO PARA SEÑAL DE MEDICION, INSTALACION DE EQUIPO DE COMUNICACIONES DEL OR, GABINETE PARA MEDIDOR, PROGRAMACION DEL MEDIDOR Y MEDIDOR BIDIRECCIONAL

DESCRIPCIÓN:

Esta actividad comprende el suministro, transporte, instalación, montaje, conexión, configuración y puesta en funcionamiento del sistema de medición indirecta tipo exterior para redes de media tensión en 13,2 kV, conformado por el punto de medida indirecta, bloque de prueba, cableado para señal de medición, gabinete para medidor, equipo de comunicaciones del Operador de Red, programación del medidor y medidor bidireccional, de acuerdo con los planos aprobados, especificaciones técnicas del proyecto y exigencias del Operador de Red.

Incluye además todas las labores necesarias para garantizar la correcta integración del sistema de medida con la red eléctrica existente, asegurando condiciones adecuadas de seguridad, funcionamiento, precisión y cumplimiento normativo.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Verificar previamente los planos eléctricos, diagramas unifilares, memorias técnicas y requisitos particulares establecidos por el Operador de Red para la instalación del sistema de medición.
- Realizar la inspección del sitio de instalación, verificando accesibilidad, condiciones de seguridad, disponibilidad de espacio y compatibilidad con las estructuras y redes existentes.
- Efectuar el suministro y transporte hasta el sitio de obra de todos los elementos requeridos para la medición indirecta, garantizando su integridad física y cumplimiento de especificaciones técnicas.
- Instalar el punto de medida indirecta en 13,2 kV tipo exterior, incluyendo los accesorios requeridos para su correcta fijación y operación.

- Instalar el gabinete para medidor, bloque de prueba y demás elementos auxiliares de protección, soporte y conexionado.
- Ejecutar el suministro e instalación del cableado para señal de medición, incluyendo conductor Cu 4C semindirecto o equivalente aprobado, así como terminales, conectores y accesorios necesarios.
- Realizar la integración del equipo de comunicaciones del Operador de Red, verificando el correcto enlace con el sistema de telemedida cuando sea exigido.
- Programar el medidor bidireccional de acuerdo con las condiciones operativas definidas por el proyecto y los parámetros establecidos por el Operador de Red.
- Efectuar pruebas de funcionamiento, continuidad, verificación de señales y revisión general de la correcta operación del sistema de medición instalado.
- La actividad deberá quedar revisada y aprobada por la Interventoría y, cuando aplique, por el Operador de Red antes de su puesta en servicio definitiva.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Herramienta menor
- Equipo de izaje o grúa rural cuando se requiera

MATERIALES:

- Punto de medida indirecta 13,2 kV exterior 3TC 3T
- Instalación completa del suministro en media tensión tipo exterior en 13,2 kV
- Revisión del servicio en medida indirecta
- Conductor bidireccional E.A.P. 8-1/0 AWG ACSR o equivalente aprobado
- Cableado de señal de medición
- Gabinete para medidor
- Bloque de prueba
- Medidor bidireccional
- Equipo de comunicaciones del Operador de Red

TRANSPORTE:

Incluye transporte terrestre nacional hasta cabecera municipal y transporte local hasta el sitio de instalación, considerando condiciones de acceso rural y vías carreteables.

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Auxiliar electricista.

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida y pago será la ***Unidad (UN)*** de sistema de medición indirecta completamente instalado, probado, programado y aprobado.

El precio unitario incluirá todos los costos directos e indirectos necesarios para la correcta ejecución de la actividad, incluyendo suministro de materiales, transporte, cargue, descargue, almacenamiento, instalación, equipos, herramientas, mano de obra calificada y no calificada, pruebas de funcionamiento, programación del medidor, integración con el sistema de comunicaciones del Operador de Red y todos los elementos adicionales requeridos para la entrega del sistema en correcto estado de operación.

2. OBRA CIVIL

2.1. CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES

2.1.1. LIMPIEZA, DESMONTE Y DISPOCION DEL LOTE

DESCRIPCIÓN:

Una vez recibido el área o terreno, será responsabilidad del Constructor proceder con la limpieza completa del lote, que incluye la eliminación de todo tipo de vegetación, escombros, basura y obstáculos existentes en el terreno, garantizando así que quede ibre de impedimentos para la correcta ejecución de la obra.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

El constructor realizara la eliminación de la capa vegetal presente en el lote del proyecto como: maleza, arbusto, hierbas, pasto y demás vegetación que interfiera con el desarrollo de la construcción incluyendo la tala de árboles, haciendo la salvedad que se debe cumplir con todas las normativas ambientales de la zona.

El constructor tiene la obligación de retirar todo resto de construcciones previas como basuras, escombros de gran tamaño y cualquier otro material que se encuentre en la zona de proyecto.

Se realizará una nivelación previa si es necesario del terreno de la zona del proyecto.

EQUIPOS:

- Equipo de desmonte (guadañadora)

MATERIALES:

- N/A

MANO DE OBRA:

- Oficial de obra
- Auxiliares Civiles

MEDIDA Y PAGO:

Los trabajos de limpieza de lote de todas las actividades de la obra se miden se pagan por ***Metro Cuadrado (M2)***. El precio unitario incluye todos los costos por el suministro, fabricación, transporte y almacenamiento de equipos de desmonte.

2.1.2. DESCAPOTE MANUAL NIVEL 0.00 E= 30 CM

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere a la limpieza de terreno cuyo fin es eliminar la vegetación existente sobre un terreno, es parte importante de su habilitación para el desplante de una estructura y en la realización de una excavación; puede ejecutarse a mano o a máquina; el material sobrante debe llevarse a escombreras certificadas

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Extraer los troncos y raíces.
- Retirar la vegetación superficial (hierba, maleza o residuos de sembradíos).
- Retirar fuera de la obra o terreno del producto de las actividades anteriores.
- Determinar el nivel que va a servir de referencia, teniendo como base la topografía.
- Si la nivelación se hace con manguera, utilizar una manguera plástica y transparente; a mayor longitud mejor funciona (no menos de cinco metros de largo). La manguera no debe tener burbujas manejando equipos de identificación de los niveles proporcionados por el procedimiento anteriormente mencionado.
- Colocar en ambos extremos un collar de alambre dulce; cuando no se utilice se dobla para que no se salga el agua.

EQUIPOS:

- Pala Cargadora Sobre Neumáticos de 120 kW/1,9 m3

MATERIALES:

- N/A

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Auxiliares Civiles

MEDIDA Y PAGO:

Se pagará por Metro ***Cuadrado (M2)*** de tierra removida, calculados con base en levantamientos topográficos efectuados antes de ejecutar la obra y el pago se hará por precios unitarios ya establecidos en el contrato que incluye herramienta, mano de obra, equipos y transporte necesario para su ejecución.

- Apisonador Tipo Canguro

MATERIALES:

- Zahorra Caliza

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida para este ítem será el ***Metro Cubico (M3)*** de material extendido y compactado medido en el sitio de la compactación, cabe resaltar que dentro del costo/unidad se incluyen los materiales y herramientas necesarias, así como las distancias de acarreo desde el punto de acopio hasta el lugar de relleno.

2.1.4. EXCAVACIÓN MANUAL EN MATERIAL COMÚN (PARA ZAPATAS SOPORTE DE PANEL, ZAPATAS CERRAMIENTO, VIGA CIMIENTO CERRAMIENTO, VIGA SOPORTE DE INVERSORES)

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere a los movimientos de tierra mediante el proceso de excavar volúmenes de tierra u otros materiales para la conformación de espacios donde serán alojados cimentaciones. Las excavaciones se realizarán en los sitios necesarios según el proyecto y de conformidad con las dimensiones requeridas por las estructuras existentes, en este caso particular, vigas de cimentación y zapatas, se realizarán de forma manual, y coordinada de manera que no ocurra desprendimiento de material. El fondo de las excavaciones debe dejarse totalmente limpio, los taludes laterales de la excavación deben quedar completamente

2.1.3. RELLENO Y COMPACTACIÓN EN MATERIAL SELECCIONADO PARA NIVELACIÓN FONDO DE CIMENTACIONES EN ZAHORRA CALIZA COMPACTADO AL 95%

DESCRIPCIÓN:

Se entiende por relleno, el conjunto de operaciones encaminadas a cubrir las Actividades realizadas en las excavaciones consistentes principalmente en la selección del material de relleno, la extendida y colocación del mismo y la compactación de capas hasta los niveles indicados en el proyecto o los señalados por la Interventoría. Los rellenos a mano son los ejecutados con equipos manuales, por ejemplo, picos, garlanchas, carretillas, pisones de madera o de hierro, Vibro compactador de impacto tipo canguro y pisones neumáticos manuales. Los materiales para relleno compactado se obtendrán de las excavaciones necesarias para las obras, pero si esto no fuere posible, como resultado de la secuencia de las operaciones del contratista, cuando los materiales de las excavaciones sean inadecuados, el contratista podrá obtener los materiales del área de préstamo, previa aprobación del Interventor.

No podrán utilizarse para el relleno de excavaciones materiales como basuras, raíces, descapotes, malezas, arcilla plástica o de cualquier otro material que entre en descomposición o que no produzca el grado de compactación o la resistencia deseada.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Para la realización de esta actividad, como mínimo se deben seguir las siguientes etapas:
- Preparación del material seleccionado de la excavación.
- Extendido, colocación y compactación de las capas de material mezclado hasta alcanzar las cotas estipuladas en los planos de diseño.
- Chequeo de las cotas finales.

EQUIPOS:

- Herramientas Menores

verticales y el fondo de la excavación debe entregarse completamente nivelado horizontalmente y nivelado ya sea con nivel de mano o de manguera.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Para la realización de esta actividad, como mínimo se deben seguir las siguientes etapas:
- Identificación de las zonas a excavar por medio del replanteo
- Realizar los procesos de excavación y perfilado
- Adelantar las actividades correspondientes en caso de necesitare para proteger las excavaciones contra derrumbes.
- Disponer correctamente del material que sea apto para rellenos en otras actividades de la obra.

EQUIPOS:

- Herramientas Menores

MATERIALES:

- N/A

TRANSPORTE:

- No

MANO DE OBRA:

- Auxiliares Civiles
- Oficial de Obra Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida para este ítem será el ***Metro Cubico (M3)*** de material medido en banco con aproximación a dos decimales excavado a cielo abierto por medios manuales realizado en material común según la clasificación realizada por la *INTERVENTORÍA* de la obra y que haya sido debidamente ejecutada por el *CONTRATISTA*. Cabe resaltar que el costo pagado por unidad de material excavado

incluye dentro de estos las herramientas manuales necesarias para la correcta realización de esta actividad.

2.1.5. CONCRETO DE LIMPIEZA 2000 PSI E=0.05 M

DESCRIPCIÓN:

Hace referencia al concreto de limpieza que se aplica al fondo de las excavaciones con el fin de proteger el piso de cimentación y el refuerzo de cualquier tipo de contaminación o alteración de las condiciones naturales del terreno, además de proporcionar un recubrimiento adicional al refuerzo estructural del elemento en cuestión.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

Previo a la instalación de cualquier Concreto en la Obra, el *CONTRATISTA* revisará y verificará el adecuado cumplimiento de los siguientes aspectos, como paso previo a la aprobación de la solicitud de autorización de vaciado que impartirá la Interventoría:

- Verificar la disponibilidad de materiales y equipos en obra
- Verificar que el fondo de la excavación esté limpio y nivelado.
- Marcar los niveles de la altura del solado por medio de Nylon.
- Realizar la mezcla en un equipo adecuado utilizando las dosificaciones indicadas por el diseño de mezcla.
- Vaciar el concreto en el lugar, garantizando una altura de 0.05 m, y realizar el allanado y esperar el curado del mismo.

EQUIPOS:

- Herramientas Menores
- Mezcladora de Concreto tipo trompo

MATERIALES:

- Cemento Gris
- Arena Cribada

- Agregado grueso homogenizado, de tamaño máximo 19 mm
- Agua

TRANSPORTE:

- No

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La medida de este concreto de limpieza o solado se hará por ***Metro Cubico (M3)*** colocado, de acuerdo con la sección promedio realmente ejecutada. Todo el costo de los trabajos indicados en esta especificación y las excepciones debe estar cubierto por los precios unitarios cotizados en la propuesta del Contratista.

2.1.6. ZAPATAS CONCRETO DE (3.000 PSI) (MESAS, CERRAMIENTO Y CUARTO DE EQUIPOS)

DESCRIPCION:

Este ítem hace referencia a la construcción de las zapatas, que deben ser construidas en concreto de 3.000 PSI, y el concreto debe ser Homogéneo para acabado a la vista gris, fabricado con cemento gris Portland tipo I o equivalente; incluye costo de agregados finos y gruesos, con gravilla de tamaño máximo determinado en el componente Agregados, desmoldantes y demás. En caso de requerirse se emplearán aditivos en la dosificación correspondiente para alcanzar las resistencias requeridas en los diseños estructurales. El costo de cualquier aditivo que sea empleado en la elaboración de estos concretos deberá ser asumido por el *CONTRATISTA* dentro de cada una de las actividades. Incluye: Diseño de mezclas, preparación, ensayos, transporte interno, obra falsa, colocación, protección, curado y todos los aditivos que se consideren necesarios para garantizar la correcta manejabilidad y resistencia de diseño.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar Estudio de Suelos.
- Consultar Cimentación en Planos Estructurales.
- Verificar excavaciones.
- Verificar cotas de cimentación.
- Verificar excavación y concreto de limpieza.
- Verificar localización y dimensiones.
- Replantear zapatas sobre concreto de limpieza.
- Verificar nivel superior del concreto de limpieza.
- Colocar y revisar refuerzo de acero.
- Colocar soportes y espaciadores para el refuerzo.
- Verificar refuerzos y recubrimientos.
- Verificar plomos, alineamientos y dimensiones.
- Vaciar concreto progresivamente.
- Vibrar el concreto por medios manuales y mecánicos.
- Curar en concreto.
- Verificar niveles finales para aceptación

Dentro de estas especificaciones se asigna al Contratista la plena responsabilidad respecto a la producción de concretos de la resistencia indicada en los planos y se regula la acción de control ejercida por el municipio por conducto de la Interventoría. Para efecto del mezclado del concreto en obra, se tendrán en cuenta las especificaciones dadas en las *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*.

Todos los concretos producidos en obra serán mezclados mecánicamente. El equipo será capaz de combinar los componentes para producir una mezcla uniforme, dentro del tiempo y a la velocidad especificada y descargada la mezcla del equipo, sin que se produzca segregación de materiales.

Capacidad del equipo de mezcla	Tiempo de mezclado
½ metro cúbico o menos	75 segundos
De ¾ a 1 ½ metros cúbicos	90 segundos

Colocación y Vaciado:

Ninguna porción de concreto se deberá colocar mientras no hayan sido aprobadas por el Interventor, todos los detalles de los encofrados y de las armaduras, la instalación de las piezas que vayan a quedar embebidas y el estado de las superficies sobre las cuales o contra las cuales se vaciará el concreto. No podrá colocarse concreto bajo agua sin previo permiso escrito del Interventor para hacerlo, y nunca se colocará concreto en agua en movimiento.

Vibrado del Concreto:

El concreto se colocará con la ayuda de equipo mecánico de vibradores, complementado por labores manuales. En ningún caso los vibradores se usarán para transportar concreto dentro de la formaleta.

El equipo de vibración será accionado por electricidad o aire comprimido, y será del tipo interno que opere por lo menos entre 7.000 a 10.000 r.p.m. cuando se sumerge en el concreto. Se dispondrá de un número suficiente de unidades para alcanzar una consolidación adecuada.

Ensayos del concreto: En los casos requeridos por la INTERVENTORÍA, se deberá elaborar adicionalmente un mínimo de seis (6) cilindros de cada mezcla, para realizar ensayos de resistencia a la compresión del concreto. Las muestras se deberán preparar y ensayar de acuerdo con las normas AASHTO T 126-70 y T 97-64 respectivamente.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Mezcladora de Concreto Tipo Trompo
- Vibrador de Concreto de 3 hp, manguera de 4 a 6 m

MATERIALES:

- Cemento gris
- Arena Cribada
- Agregado grueso homogenizado, de tamaño máximo 19 mm
- Agua

Cemento: El cemento usado para concreto será tipo Pórtland fabricado en Colombia; será suministrado por el Contratista y deberá estar inalterado y libre de terrones en el momento de usarse; los costos de los suministros y manejo del cemento para concreto estarán incluido dentro del precio unitario para concreto.

Agua: El agua usada para concreto, mortero o lechadas de cemento, deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, limos y materiales orgánicas u otras impurezas que en opinión del Interventor puedan afectar adversamente la resistencia, durabilidad y calidad del concreto. No habrá pago separado por el suministro de agua para concreto o por tratamiento que se requieran para este propósito.

El agua que se utilice en la preparación del concreto deberá ser aprobada por el Interventor.

Agregados: La arena y los agregados gruesos para la elaboración del concreto serán suministrados por el Contratista. Los diversos agregados se obtendrán a partir de fuentes aprobadas por el Interventor. El Contratista deberá obtener también aprobación, por parte del Interventor, de las instalaciones para cargue, descargue, transporte y almacenamiento de los agregados.

Lo anterior no implicará aprobación para todos los materiales tomados de las fuentes, por calidad especificada de los materiales que deben usarse

El concreto se producirá de acuerdos a proporciones definidas por el interventor y el contratista para obtener la resistencia adecuada.

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Oficiales de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida de esta actividad es por ***Metros Cúbicos (M3)***, y su pago se realizará con un valor igual al estipulado en los formatos de precios unitarios.

2.1.7. CONCRETO DE (3.000 PSI) VIGAS CIMIENTO Y CONFINAMIENTO, PEDESTALES DE CERRAMIENTO COLUMNETAS).

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere a la construcción de las vigas de cimentación en concreto de 3.000 PSI y el concreto debe ser Homogéneo para acabado a la vista gris, fabricado con cemento gris Portland tipo I o equivalente; incluye costo de agregados finos y gruesos, con gravilla de tamaño máximo determinado en el componente Agregados, desmoldantes y demás. En caso de requerirse se emplearán aditivos en la dosificación correspondiente para alcanzar las resistencias requeridas en los diseños estructurales. El costo de cualquier aditivo que sea empleado en la elaboración de estos concretos deberá ser asumido por el CONTRATISTA dentro de cada una de las actividades. Incluye: Diseño de mezclas, preparación, ensayos, transporte interno, obra falsa, colocación, protección, curado y todos los aditivos que se consideren necesarios para garantizar la correcta manejabilidad y resistencia de diseño.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar Estudio de Suelos.
- Consultar Cimentación en Planos Estructurales.
- Verificar excavaciones.
- Verificar cotas de cimentación.
- Verificar excavación y concreto de limpieza.
- Verificar localización y dimensiones.

- Replantear zapatas sobre concreto de limpieza.
- Verificar nivel superior del concreto de limpieza.
- Colocar y revisar refuerzo de acero.
- Colocar soportes y espaciadores para el refuerzo.
- Verificar refuerzos y recubrimientos.
- Verificar plomos, alineamientos y dimensiones.
- Vaciar concreto progresivamente.
- Vibrar el concreto por medios manuales y mecánicos.
- Curar concreto.
- Verificar niveles finales para aceptación

Dentro de estas especificaciones se asigna al Contratista la plena responsabilidad respecto a la producción de concretos de la resistencia indicada en los planos y se regula la acción de control ejercida por el municipio por conducto de la Interventoría. Para efecto del mezclado del concreto en obra, se tendrán en cuenta las especificaciones dadas en las *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*.

Todos los concretos producidos en obra serán mezclados mecánicamente. El equipo será capaz de combinar los componentes para producir una mezcla uniforme, dentro del tiempo y a la velocidad especificada y descargada la mezcla del equipo, sin que se produzca segregación de materiales.

Capacidad del equipo de mezcla	Tiempo de mezclado
½ metro cúbico o menos	75 segundos
De ¾ a 1 ½ metros cúbicos	90 segundos

Colocación y Vaciado:

Ninguna porción de concreto se deberá colocar mientras no hayan sido aprobadas por el Interventor, todos los detalles de los encofrados y de las armaduras, la instalación de las piezas que vayan a quedar embebidas y el estado de las superficies sobre las cuales o contra las cuales se vaciará el concreto. No podrá

colocarse concreto bajo agua sin previo permiso escrito del Interventor para hacerlo, y nunca se colocará concreto en agua en movimiento.

Vibrado del Concreto:

El concreto se colocará con la ayuda de equipo mecánico de vibradores, complementado por labores manuales. En ningún caso los vibradores se usarán para transportar concreto dentro de la formaleta.

El equipo de vibración será accionado por electricidad o aire comprimido, y será del tipo interno que opere por lo menos entre 7.000 a 10.000 r.p.m. cuando se sumerja en el concreto. Se dispondrá de un número suficiente de unidades para alcanzar una consolidación adecuada.

Ensayos del concreto:

En los casos requeridos por la INTERVENTORÍA, se deberá elaborar adicionalmente un mínimo de seis (6) cilindros de cada mezcla, para realizar ensayos de resistencia a la compresión del concreto. Las muestras se deberán preparar y ensayar de acuerdo con las normas AASHTO T 126-70 y T 97-64 respectivamente.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Mezcladora de Concreto Tipo Trompo
- Vibrador de Concreto de 3 hp, mangueras de 4 a 6 m

MATERIALES:

- Cemento Gris
- Arena Cribada
- Agregado Grueso Homogenizado, de Tamaño Máximo 19 mm
- Agua

Cemento: El cemento usado para concreto será tipo Pórtland fabricado en Colombia; será suministrado por el Contratista y deberá estar inalterado y libre de

terrones en el momento de usarse; los costos de los suministros y manejo del cemento para concreto, estarán incluido dentro del precio unitario para concreto.

Agua: El agua usada para concreto, mortero o lechadas de cemento, deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, limos y materiales orgánicas u otras impurezas que en opinión del Interventor puedan afectar adversamente la resistencia, durabilidad y calidad del concreto. No habrá pago separado por el suministro de agua para concreto o por tratamiento que se requieran para este propósito.

El agua que se utilice en la preparación del concreto deberá ser aprobada por el Interventor.

Agregados: La arena y los agregados gruesos para la elaboración del concreto serán suministrados por el Contratista. Los diversos agregados se obtendrán a partir de fuentes aprobadas por el Interventor. El Contratista deberá obtener también aprobación, por parte del Interventor, de las instalaciones para cargue, descargue, transporte y almacenamiento de los agregados.

Lo anterior no implicará aprobación para todos los materiales tomados de las fuentes, por calidad especificada de los materiales que deben usarse

El concreto se producirá de acuerdos a proporciones definidas por el interventor y el contratista para obtener la resistencia adecuada.

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida de esta actividad es por ***Metros Cúbicos (M3)***, y su pago se realizará con un valor igual al estipulado en los formatos de precios unitarios.

2.1.8. PEDESTALES EN CONCRETO 3.000 PSI (MESAS)

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere a la construcción de pedestales en concreto de 3.000 PSI destinados al soporte estructural de mesas metálicas o estructuras de montaje para sistemas solares fotovoltaicos. Los pedestales servirán como elementos de anclaje y transmisión de cargas provenientes de la estructura soporte de paneles solares hacia el terreno, garantizando estabilidad, resistencia y durabilidad ante cargas muertas, cargas vivas y acciones ambientales como viento y humedad.

El concreto deberá ser homogéneo, fabricado con cemento gris Portland Tipo I o equivalente, utilizando agregados finos y gruesos debidamente seleccionados y aprobados por la INTERVENTORÍA. En caso de requerirse, se utilizarán aditivos que permitan mejorar manejabilidad, impermeabilidad o resistencia, sin generar costos adicionales para la entidad contratante.

Incluye: diseño de mezcla, preparación, formaletas, excavaciones menores, colocación de pernos o elementos de anclaje para las mesas solares, suministro y colocación del concreto, vibrado, nivelación, curado, desencofrado, limpieza final y todos los elementos necesarios para la correcta ejecución de la actividad.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos estructurales y de montaje del sistema fotovoltaico.
- Verificar localización y replanteo de pedestales según diseño.
- Confirmar niveles y alineamientos de las mesas solares.
- Verificar excavaciones y capacidad de soporte del terreno.
- Colocar concreto de limpieza cuando sea requerido.
- Instalar formaletas de acuerdo con dimensiones de diseño.
- Colocar acero de refuerzo según planos estructurales.
- Instalar pernos, platinas o elementos de anclaje de las mesas solares.
- Verificar plomos, alineamientos y niveles de anclajes.
- Preparar concreto con dosificación aprobada.
- Vaciar concreto de manera continua evitando segregación.

- Vibrar el concreto por medios manuales y mecánicos.
- Nivelar y dar acabado superficial requerido.
- Realizar curado permanente del concreto.
- Desencofrar una vez alcanzada resistencia suficiente.
- Verificar dimensiones, alineación y nivel final para aceptación.

Dentro de estas especificaciones se asigna al CONTRATISTA la plena responsabilidad sobre la calidad, resistencia y estabilidad de los pedestales construidos, así como sobre la correcta ubicación de los elementos de anclaje para las estructuras fotovoltaicas. Cualquier desviación en alineamiento o nivelación que afecte el montaje de las mesas solares deberá ser corregida por el CONTRATISTA sin costos adicionales.

Para el mezclado del concreto se tendrán en cuenta las especificaciones establecidas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y demás normas aplicables vigentes.

Todos los concretos producidos en obra serán mezclados mecánicamente. El equipo deberá garantizar una mezcla uniforme y homogénea, evitando segregación de materiales y pérdidas de resistencia.

Colocación y Vaciado: No se permitirá el vaciado de concreto hasta que la INTERVENTORÍA haya aprobado las excavaciones, formaletas, refuerzos y sistemas de anclaje correspondientes. Los elementos embebidos deberán quedar perfectamente alineados y nivelados conforme a los planos del sistema solar fotovoltaico.

El concreto deberá colocarse de manera continua para evitar juntas frías y asegurar la adecuada adherencia entre materiales.

Vibrado del Concreto: El concreto se consolidará mediante vibradores mecánicos de inmersión, garantizando la eliminación de vacíos y la correcta compactación de la mezcla. En ningún caso los vibradores se utilizarán para desplazar el concreto dentro de las formaletas.

El equipo de vibración deberá operar entre 7.000 y 10.000 r.p.m., garantizando una adecuada compactación del concreto.

Ensayos del Concreto: Cuando la INTERVENTORÍA lo requiera, el CONTRATISTA deberá elaborar cilindros de prueba para verificar la resistencia a la compresión del concreto utilizado. Los ensayos deberán realizarse conforme a las normas técnicas vigentes aplicables.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Mezcladora de Concreto Tipo Trompo
- Vibrador de Concreto de 3 HP, mangueras de 4 a 6 m

MATERIALES:

- Formaleta de madera para concreto
- Concreto de 3000 psi

Cemento: El cemento utilizado será tipo Portland fabricado en Colombia, almacenado en condiciones adecuadas y libre de humedad o terrones al momento de su utilización.

Agua: El agua utilizada deberá ser limpia y libre de materiales contaminantes que puedan afectar la calidad del concreto.

Agregados: Los agregados finos y gruesos deberán provenir de fuentes aprobadas por la INTERVENTORÍA y cumplir con las especificaciones técnicas para concretos estructurales.

Acero y Anclajes: Los elementos metálicos de refuerzo y anclaje deberán cumplir con las especificaciones de diseño estructural y protección anticorrosiva requeridas para ambientes exteriores.

TRANSPORTE:

- No

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida de esta actividad será el ***Metro Cúbico (M3)*** de pedestal en concreto debidamente construido y aprobado por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario consignado en el contrato e incluirá todos los costos de materiales, equipos, herramientas, mano de obra, transporte, formaletas, acero, anclajes, ensayos, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.1.9. BLOQUE N°09 PARA CERRAMIENTO PERIMETRAL Y CUARTO DE EQUIPOS.

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro e instalación de mampostería en bloque de concreto N°09 para la construcción del cerramiento perimetral y del cuarto de equipos del sistema solar fotovoltaico. La actividad comprende la ejecución de muros en bloque estructural o no estructural, según planos del proyecto, unidos con mortero de pega elaborado con cemento y arena en las proporciones aprobadas por la INTERVENTORÍA.

El cerramiento perimetral tendrá como finalidad garantizar la seguridad y protección de los equipos asociados al sistema fotovoltaico, evitando el acceso no autorizado y protegiendo los componentes eléctricos y electrónicos instalados. El cuarto de equipos estará destinado al alojamiento de inversores, tableros eléctricos, sistemas de protección, baterías (si aplica) y demás elementos complementarios del sistema.

Incluye: suministro de materiales, preparación de mortero, replanteo, pega de bloque, nivelación, alineamiento, cortes, remates, limpieza, transporte interno, herramientas, mano de obra y todos los elementos necesarios para la correcta ejecución de la actividad.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos arquitectónicos, estructurales y eléctricos del proyecto fotovoltaico.
- Verificar localización del cerramiento y cuarto de equipos.
- Revisar niveles, ejes y dimensiones de diseño.
- Limpiar y preparar la superficie de apoyo.
- Replantear alineamientos y modulación de bloques.
- Preparar mortero de pega según especificaciones técnicas.
- Humedecer bloques antes de su instalación cuando sea requerido.
- Instalar bloques manteniendo alineamiento, nivel y plomo.
- Verificar espesor uniforme de juntas horizontales y verticales.
- Ejecutar trabes y amarres necesarios.
- Realizar cortes y ajustes requeridos para instalaciones eléctricas o pasos de tubería.
- Limpiar excedentes de mortero durante la ejecución.
- Curar la mampostería cuando las condiciones climáticas lo requieran.
- Verificar estabilidad, verticalidad y acabado final para aceptación.

La mampostería deberá ejecutarse siguiendo las recomendaciones de la NSR-10 y las especificaciones técnicas del proyecto. Los muros deberán quedar completamente aplomados, alineados y con juntas uniformes.

El CONTRATISTA será responsable de garantizar la estabilidad y correcta ejecución de los cerramientos y divisiones del cuarto técnico, así como de coordinar las actividades necesarias para la instalación posterior de equipos eléctricos y fotovoltaicos.

No se permitirá el uso de bloques fracturados, fisurados o con deformaciones que afecten la calidad y estabilidad de la obra.

Preparación del Mortero: El mortero de pega deberá prepararse mecánica o manualmente hasta obtener una mezcla homogénea, libre de grumos y con

adecuada manejabilidad. No se permitirá el uso de mortero remezclado o endurecido.

Colocación de la Mampostería: Los bloques deberán colocarse en hiladas uniformes, respetando niveles y alineamientos definidos en planos. Las juntas deberán quedar completamente llenas de mortero para garantizar adherencia y estabilidad estructural.

Durante la ejecución se deberán prever pases para ductos, tuberías eléctricas y elementos de conexión asociados al sistema solar fotovoltaico.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Bloque de Concreto N°09
- Cemento Gris
- Arena Cribada
-

Bloque de Concreto: Los bloques deberán presentar dimensiones uniformes, buena resistencia mecánica y superficies libres de fisuras o deformaciones.

Cemento: El cemento será tipo Portland gris, almacenado adecuadamente y protegido de la humedad.

Arena: La arena deberá estar limpia, libre de materia orgánica y cumplir con las condiciones adecuadas para la elaboración de morteros.

Agua: El agua utilizada deberá estar libre de impurezas que afecten la calidad del mortero.

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil

- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el ***Metro Cuadrado (M2)*** de muro en bloque N°09 debidamente construido, alineado y aprobado por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por materiales, morteros, transporte, herramientas, equipos, mano de obra, cortes, desperdicios, limpieza y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.1.10. BLOQUE N°08 PARA SOBRE CIMIENTO

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro e instalación de mampostería en bloque de concreto N°08 para la conformación de sobrecimientos en las áreas correspondientes al proyecto del sistema solar fotovoltaico. El sobrecimiento funcionará como elemento de soporte y nivelación para cerramientos, divisiones o estructuras complementarias asociadas al cuarto de equipos y demás obras civiles del proyecto.

La actividad comprende el suministro, transporte, preparación y colocación de bloques de concreto unidos mediante mortero de cemento y arena, garantizando alineamiento, estabilidad y nivelación conforme a los planos y especificaciones técnicas del proyecto.

Incluye: suministro de materiales, preparación de mortero, pega de bloque, alineación, nivelación, cortes, limpieza y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución del ítem.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos arquitectónicos y estructurales del proyecto.
- Verificar localización y niveles del sobrecimiento.
- Limpiar y preparar la superficie de apoyo.

- Replantear ejes y alineamientos.
- Preparar mortero de pega.
- Humedecer bloques cuando sea necesario.
- Colocar bloques manteniendo plomo, alineación y nivel.
- Verificar dimensiones y continuidad del sobrecimiento.
- Ejecutar cortes y ajustes requeridos.
- Limpiar excedentes de mortero.
- Verificar acabado final para aceptación.

La mampostería deberá ejecutarse de conformidad con las especificaciones del proyecto y las normas técnicas aplicables. Los bloques deberán instalarse con juntas uniformes y completamente llenas de mortero, garantizando estabilidad y adecuada adherencia.

No se permitirá el uso de bloques fisurados, deformados o que presenten defectos que afecten la calidad de la obra.

Preparación del Mortero: El mortero deberá prepararse hasta obtener una mezcla homogénea y manejable, garantizando adecuada adherencia entre los elementos de mampostería.

Colocación de la Mampostería: Los bloques deberán instalarse en hiladas uniformes, conservando alineamientos y niveles definidos en planos. El CONTRATISTA deberá garantizar la correcta ejecución y estabilidad del sobrecimiento.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Bloque N°08
- Cemento Gris
- Arena Cribada

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el ***Metro Lineal (ml)*** de sobrecimiento en bloque N°08 debidamente construido y aprobado por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por materiales, transporte, herramientas, mano de obra, preparación de mortero, cortes, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.1.11. ACERO DE REFUERZO G60 1/2 PLG.

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, corte, figurado, amarre e instalación de acero de refuerzo G60 de 1/2 pulgada para elementos estructurales asociados a las obras civiles del sistema solar fotovoltaico, tales como pedestales, vigas de cimentación, confinamientos, sobrecimientos y demás estructuras contempladas en los planos del proyecto.

El acero de refuerzo deberá cumplir con una resistencia Fy = 4.200 Kg/cm² y será instalado conforme a las dimensiones, separaciones, traslapos y detalles indicados en los planos estructurales.

Incluye: suministro de acero, corte, figurado, amarre con alambre negro recocido, colocación, nivelación, alineamiento y todos los elementos necesarios para la correcta ejecución de la actividad.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos estructurales del proyecto.
- Verificar dimensiones y especificaciones del refuerzo.
- Cortar y figurar el acero según despieces aprobados.

- Limpiar el acero antes de su instalación.
- Colocar el refuerzo según localización indicada en planos.
- Realizar amarres con alambre negro recocido.
- Verificar separaciones, traslapos y recubrimientos.
- Instalar refuerzo garantizando estabilidad y alineamiento.
- Corregir elementos deformados o mal ubicados.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

El acero de refuerzo deberá almacenarse sobre superficies limpias y aisladas del contacto directo con el suelo, evitando oxidación excesiva, contaminación o deformaciones.

No se permitirá la instalación de barras con fisuras, dobleces no especificados o corrosión avanzada que comprometa la adherencia y resistencia del elemento estructural.

Los traslapos, ganchos, dobleces y amarres deberán ejecutarse conforme a los planos estructurales y las especificaciones de la NSR-10.

Corte y Figurado: El acero deberá cortarse y figurarse en frío, utilizando herramientas adecuadas que no afecten las propiedades mecánicas del material.

Colocación del Refuerzo: Las barras deberán quedar firmemente aseguradas mediante amarres de alambre negro recocido, garantizando que no se desplacen durante el vaciado del concreto.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Acero de Refuerzo PDR-60 Fy=4200 Kg/cm² diámetro 1/2 plg
- Alambre Negro Recocido

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el Metro Lineal (M) de acero de refuerzo G60 de 1/2 pulgada debidamente instalado y aprobado por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro, transporte, corte, figurado, amarres, instalación, herramientas, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.1.12. ACERO DE REFUERZO G60 3/8 PLG.

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, corte, figurado, amarre e instalación de acero de refuerzo G60 de 3/8 de pulgada para elementos estructurales correspondientes a las obras civiles del sistema solar fotovoltaico, tales como vigas de cimentación, pedestales, sobrecimientos, confinamientos y demás estructuras contempladas en los planos del proyecto.

El acero de refuerzo deberá cumplir con una resistencia Fy = 4.200 Kg/cm² y será instalado conforme a las especificaciones estructurales, dimensiones, separaciones y detalles indicados en los planos aprobados.

Incluye: suministro de acero, corte, figurado, amarre con alambre negro recocido, colocación, alineación, nivelación y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución de la actividad.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos estructurales del proyecto.
- Verificar dimensiones y especificaciones del refuerzo.
- Cortar y figurar el acero según despieces aprobados.

- Limpiar el acero antes de su instalación.
- Colocar el refuerzo en la ubicación indicada en planos.
- Realizar amarres utilizando alambre negro recocido.
- Verificar separaciones, recubrimientos y traslapos.
- Asegurar estabilidad y correcta fijación del refuerzo.
- Corregir deformaciones o desplazamientos del acero.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

El acero de refuerzo deberá mantenerse libre de grasa, barro, pintura, óxido suelto o cualquier material que afecte la adherencia con el concreto.

No se permitirá la instalación de barras deformadas, fisuradas o con corrosión excesiva que comprometa la resistencia estructural del elemento.

Los dobleces, ganchos y traslapos deberán ejecutarse conforme a los detalles estructurales y las disposiciones establecidas en la NSR-10.

Corte y Figurado: El corte y figurado del acero deberá realizarse en frío, utilizando herramientas apropiadas que no alteren las propiedades físicas y mecánicas del material.

Colocación del Refuerzo: Las barras deberán quedar correctamente alineadas y aseguradas mediante amarres de alambre negro recocido para evitar desplazamientos durante el vaciado del concreto.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Acero de Refuerzo PDR-60 Fy=4200 Kg/cm² diámetro 3/8 plg
- Alambre Negro Recocido

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el ***Kilogramo (KG)*** de acero de refuerzo G60 de 3/8 pulgada debidamente instalado y aprobado por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro, transporte, corte, figurado, amarres, instalación, herramientas, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.1.13. RELLENO EN PIEDRA CALIZA AL SISTEMA

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, transporte, extendido y conformación de relleno en piedra caliza mediante agregado grueso tipo grava, grava triturada y/o roca triturada, destinado a las áreas asociadas al sistema solar fotovoltaico.

El relleno en piedra caliza tendrá como finalidad mejorar las condiciones de drenaje, estabilidad y protección superficial en las zonas intervenidas del sistema, contribuyendo al control de humedad, reducción de erosión y adecuación de superficies alrededor de estructuras, equipos y áreas técnicas del proyecto.

Incluye: suministro del material granular, transporte interno, extendido, nivelación, conformación y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución de la actividad.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos y especificaciones del proyecto.
- Verificar áreas destinadas para relleno.
- Limpiar la superficie donde se colocará el material.
- Transportar el agregado grueso hasta el sitio de instalación.
- Extender el material de manera uniforme.

- Nivelar y conformar el relleno según espesores requeridos.
- Verificar cobertura y distribución homogénea del material.
- Retirar material sobrante y limpiar el área intervenida.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

El material utilizado deberá estar libre de materia orgánica, residuos, arcillas o elementos contaminantes que afecten la estabilidad y drenaje de la superficie.

No se permitirá el uso de material con granulometría inadecuada o con presencia de partículas degradadas que comprometan el desempeño del relleno.

La colocación del material deberá garantizar una superficie uniforme y estable en las áreas intervenidas del sistema fotovoltaico.

Extendido y Nivelación: El agregado grueso deberá distribuirse uniformemente sobre el área definida, conservando niveles y espesores requeridos según las especificaciones del proyecto.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Agregado Grueso (Grava, Grava Triturada y/o Roca Triturada)

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el ***Kilogramo (KG)*** de relleno en piedra caliza debidamente suministrado, colocado y aprobado por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro del material, transporte, extendido, nivelación, herramientas,

mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.2. CERRAMIENTO PERIMETRAL EN MALLA ESLABONADA Y TUBOS DE ACERO DE 3 " GALVANIZADOS EN FRIO.

2.2.1. MODULOS DE CERRAMIENTO EN MALLA ESLABONADA H=2 M Y TUBO GALVANIZADO EN CALIENTE CON REPASO DE PINTURA DE ZINC EN PUNTOS DE SOLDADURA DE Ø 2" CON UN EXTREMO A 45°KIT CONCERTINA R-45; INCLUYE GUAYA Ø1/8", TENSORES Y GRAPAS TIPO "PERRO"

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, transporte, fabricación, instalación y puesta en funcionamiento de módulos de cerramiento en malla eslabonada de altura 2.00 m, soportados con estructura en tubo galvanizado de Ø 2" y elementos metálicos complementarios, incluyendo sistema de seguridad superior tipo concertina R-45.

El cerramiento estará conformado por postes y elementos estructurales metálicos galvanizados en caliente, malla eslabonada galvanizada, ángulos metálicos de refuerzo, concertina de seguridad, guaya galvanizada Ø 1/8", tensores, grapas tipo "perro", soldaduras y aplicación de pintura rica en zinc o aerosol anticorrosivo en los puntos intervenidos por corte o soldadura.

La actividad incluye el suministro de materiales, transporte interno, replanteo, corte, armado, nivelación, soldadura, instalación, tensado, fijación de malla, instalación de concertina, aplicación de protección anticorrosiva, limpieza del área y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución del ítem de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto.

El sistema de cerramiento tendrá como finalidad delimitar, proteger y brindar seguridad perimetral a las áreas del proyecto, garantizando estabilidad, durabilidad y resistencia a las condiciones ambientales del sitio.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos, detalles constructivos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Verificar localización, alineamientos y niveles del cerramiento.
- Realizar replanteo del eje del cerramiento.
- Verificar dimensiones y condiciones de los materiales metálicos.
- Cortar, preparar y ensamblar los elementos estructurales metálicos.
- Instalar postes y marcos en tubo galvanizado Ø 2".
- Ejecutar soldaduras y uniones requeridas.
- Aplicar repaso con pintura de zinc o aerosol anticorrosivo en puntos de soldadura y cortes.
- Instalar la malla eslabonada galvanizada y realizar el tensionamiento correspondiente.
- Instalar guayas, tensores y grapas tipo "perro".
- Colocar el sistema de concertina R-45 en la parte superior del cerramiento.
- Verificar verticalidad, alineación y estabilidad del sistema instalado.
- Retirar sobrantes y limpiar el área intervenida.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

Los materiales metálicos deberán encontrarse libres de deformaciones, corrosión, fisuras o defectos que afecten su desempeño estructural y funcional.

No se permitirá el uso de elementos deteriorados, mallas rotas, accesorios defectuosos o materiales que presenten pérdida del galvanizado.

Las soldaduras deberán ejecutarse de manera uniforme y continua, garantizando adecuada resistencia mecánica y correcta fijación entre los elementos estructurales.

Todos los puntos intervenidos mediante corte o soldadura deberán protegerse con pintura rica en zinc o recubrimiento anticorrosivo equivalente para evitar procesos de oxidación.

La instalación de la concertina deberá garantizar adecuada tensión, fijación y continuidad del sistema de seguridad perimetral.

MATERIALES:

- Tubo cerramiento galvanizado 3" x 1.9 mm
- Malla eslabonada 12.5 x 2 m
- Kit concertina (incluye guaya y tensores)
- Bisagra para portón pesado
- Ángulo 2"x2"x1/8"
- Acero A36 laminado galvanizado en caliente
- Varilla lisa 3/4"
- Soldadura exotérmica 90 gr
- Aerosol anticorrosivo complemento galvanizado gris

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil
- Soldador no calificado

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UN)*** de puerta metálica en malla eslabonada debidamente fabricada, suministrada, instalada y aprobada por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro de materiales, fabricación, transporte, instalación, soldadura, aplicación de pintura protectora, montaje de bisagras y accesorios, herramientas, equipos, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

INSTALACIÓN Y TENSIONAMIENTO:

La malla eslabonada deberá instalarse completamente tensionada y alineada, evitando deformaciones, ondulaciones o desprendimientos.

Los accesorios de fijación, guayas, tensores y grapas deberán colocarse de forma segura y conforme a las especificaciones del fabricante.

La concertina tipo R-45 deberá instalarse de manera continua sobre el cerramiento, garantizando estabilidad y correcto funcionamiento del sistema de protección.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Equipo de Soldadura hasta 250 Amp

MATERIALES:

- Tubo cerramiento galvanizado 2" x 1.5 mm
- Malla eslabonada 12.5 x 2 m
- Kit concertina R-45 (incluye guaya y tensores)
- Ángulo 2"x2"x1/8"
- Soldadura exotérmica 90 gr
- Aerosol anticorrosivo complemento galvanizado gris

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil
- Soldador

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el ***Metro Cuadrado (M2)*** de cerramiento en malla eslabonada debidamente fabricado, suministrado, instalado, tensionado y aprobado por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro de materiales, fabricación, transporte, instalación, soldadura, aplicación de pintura anticorrosiva, instalación de concertina, accesorios de fijación, herramientas, equipos, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.2.2. SUMINISTRO E INSTALACION DE PUERTA METALICA EN MALLA ESLABONADA Y SOPORTES DE TUBOS METALICOS DE 3" GALVANIZADOS EN CALIENTE CON REPASO DE PINTURA PROTECTORA EN ZINC EN PUNTOS DE SOLDADURA, INCLUYE BISAGRAS Y CERRADURA DE SEGURIDAD

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, fabricación, transporte e instalación de puerta metálica en malla eslabonada, conformada por estructura metálica en tubos galvanizados de 3" y elementos complementarios necesarios para su correcto funcionamiento y seguridad.

La puerta estará compuesta por estructura metálica galvanizada en caliente, malla eslabonada galvanizada, refuerzos metálicos, bisagras para portón pesado, sistema de cierre y accesorios de fijación. Incluye además el repaso con pintura protectora rica en zinc en todos los puntos intervenidos mediante corte o soldadura.

La actividad comprende el suministro de materiales, transporte interno, fabricación, armado, instalación, nivelación, soldadura, fijación de elementos metálicos, instalación de bisagras y cerradura de seguridad, aplicación de protección anticorrosiva y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución del ítem de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto.

La puerta metálica tendrá como finalidad permitir el acceso controlado y brindar seguridad a las áreas delimitadas del proyecto, garantizando resistencia mecánica, estabilidad y durabilidad ante condiciones ambientales y de uso.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Verificar localización y dimensiones de la puerta metálica.
- Revisar condiciones y estado de los materiales metálicos.
- Realizar corte, preparación y armado de la estructura metálica.
- Instalar soportes y marcos en tubo galvanizado de 3".
- Ejecutar soldaduras y uniones requeridas.
- Instalar malla eslabonada en la estructura metálica.
- Colocar bisagras para portón pesado y elementos de fijación.
- Instalar cerradura y sistema de seguridad.
- Aplicar pintura protectora en zinc en puntos de soldadura y cortes.
- Verificar alineación, nivel y funcionamiento de la puerta.
- Retirar sobrantes y limpiar el área intervenida.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

Los materiales metálicos deberán estar libres de deformaciones, corrosión o defectos que afecten su desempeño estructural y funcional.

No se permitirá el uso de materiales deteriorados, elementos fisurados o accesorios defectuosos que comprometan la estabilidad y operación de la puerta.

Las soldaduras deberán ejecutarse de manera uniforme y continua, garantizando resistencia mecánica y adecuada fijación de los elementos estructurales.

Todos los puntos intervenidos mediante soldadura o corte deberán protegerse mediante aplicación de pintura anticorrosiva rica en zinc para evitar procesos de oxidación.

La puerta deberá quedar correctamente alineada, nivelada y con adecuado funcionamiento del sistema de apertura y cierre.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Equipo de Soldadura (hasta 250 Amp)

2.3. ESTRUCTURAS METÁLICAS.

2.3.1. ESTRUCTURA DE SOPORTE METÁLICA PARA 1 MESA DE 42 MODULOS SOLARES DE 700 W (CON UNIONES SOLDADAS Y ANCLAJES SOPORTES MÓDULOS FOTOVOLTAICOS) EN ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE CON REPASO DE PINTURA PROTECTORA EN ZINC EN PUNTOS DE SOLDADURA

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, fabricación, transporte e instalación de estructura metálica de soporte para una mesa de cuarenta y dos (42) módulos solares de 700 W, construida en acero galvanizado en caliente y conformada por perfiles estructurales, elementos de fijación y accesorios para montaje de módulos fotovoltaicos.

La estructura estará compuesta por tubos estructurales galvanizados, perfiles metálicos tipo CG40, rieles de aluminio para montaje de paneles solares y accesorios de fijación requeridos para garantizar la estabilidad y correcto anclaje de los módulos fotovoltaicos.

Incluye uniones soldadas, nivelación, alineación, instalación de anclajes, fijaciones mecánicas y aplicación de pintura protectora rica en zinc en todos los puntos intervenidos mediante corte o soldadura.

La actividad comprende el suministro de materiales, transporte interno, fabricación, armado, montaje, soldadura, instalación de elementos de soporte, fijación de accesorios, alineación estructural, protección anticorrosiva y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución del ítem de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto.

La estructura metálica tendrá como finalidad soportar adecuadamente los módulos fotovoltaicos, garantizando estabilidad, resistencia mecánica y durabilidad frente a condiciones ambientales y cargas de operación.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos estructurales y especificaciones técnicas del proyecto.

- Verificar localización, dimensiones y niveles de instalación.
- Revisar el estado y características de los materiales metálicos y accesorios.
- Realizar corte, preparación y armado de los elementos estructurales.
- Instalar tubos estructurales y perfiles metálicos galvanizados.
- Ejecutar uniones soldadas y fijaciones requeridas.
- Instalar rieles de aluminio para montaje de paneles solares.
- Colocar accesorios de fijación y anclajes para módulos fotovoltaicos.
- Verificar alineación, nivelación y estabilidad de la estructura.
- Aplicar pintura protectora en zinc en puntos de soldadura y cortes.
- Ajustar y asegurar elementos de fijación.
- Retirar sobrantes y limpiar el área intervenida.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

Los materiales metálicos deberán estar libres de deformaciones, fisuras, corrosión o defectos que afecten su comportamiento estructural.

No se permitirá el uso de elementos deteriorados, accesorios defectuosos o materiales que presenten pérdida de galvanizado.

Las soldaduras deberán ejecutarse de manera uniforme y continua, garantizando adecuada resistencia y estabilidad estructural.

Todos los puntos intervenidos mediante soldadura o corte deberán protegerse mediante aplicación de pintura rica en zinc o recubrimiento anticorrosivo equivalente.

La estructura deberá quedar correctamente alineada, nivelada y firmemente asegurada para garantizar el adecuado soporte de los módulos solares.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Equipo de Soldadura (hasta 250 Amp)

MATERIALES:

- Tubo estructural 100x100x2,0 mm galvanizado en caliente

- Perfil CG40 100 x 50 x 1.5 mm x 6 m galvanizado
- Riel para montaje de paneles por 3.6 m longitud en aluminio
- Unión riel de aluminio
- Grapa final para montaje de paneles solares
- Mid Clamp
- L Clamp
- F Clamp

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil
- Soldador no calificado

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UN)*** de estructura metálica de soporte para mesa de módulos fotovoltaicos debidamente fabricada, suministrada, instalada y aprobada por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro de materiales, fabricación, transporte, instalación, soldadura, aplicación de pintura protectora, montaje de accesorios y fijaciones, herramientas, equipos, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.4. ELEMENTOS CASETA CUARTO DE EQUIPOS

2.4.1. INSTALACION DE CUBIERTA CON TEJA ARQUITECTONICA

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, transporte e instalación de cubierta en teja arquitectónica galvanizada, incluyendo estructura metálica de soporte y elementos de fijación necesarios para su correcta instalación.

La cubierta estará conformada por teja arquitectónica galvanizada, soportada sobre estructura metálica en tubo estructural 50x50x1,5 mm y fijada mediante tornillos autoperforantes galvanizados.

La actividad incluye el suministro de materiales, transporte interno, instalación de estructura de soporte, colocación y fijación de las tejas, nivelación, alineación, ajuste de elementos de sujeción y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución del ítem de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto.

La cubierta tendrá como finalidad brindar protección a las áreas intervenidas frente a condiciones climáticas, garantizando estabilidad, resistencia y adecuado funcionamiento del sistema constructivo.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Verificar dimensiones, pendientes y niveles de la cubierta.
- Revisar el estado y condiciones de los materiales.
- Instalar estructura metálica de soporte en tubo estructural.
- Verificar alineación y nivelación de la estructura.
- Transportar las tejas hasta el sitio de instalación.
- Instalar teja arquitectónica según disposición definida en planos.
- Fijar las tejas mediante tornillos autoperforantes galvanizados.
- Verificar correcta alineación y ajuste de los elementos instalados.
- Retirar sobrantes y limpiar el área intervenida.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

Las tejas deberán instalarse libres de deformaciones, fisuras o defectos que afecten su desempeño y durabilidad.

No se permitirá el uso de materiales deteriorados, elementos corroídos o accesorios defectuosos.

La instalación deberá garantizar adecuada fijación, estabilidad y uniformidad de la cubierta.

Los elementos de fijación deberán instalarse correctamente ajustados para evitar desprendimientos o filtraciones.

La cubierta deberá quedar correctamente alineada y nivelada conforme a las especificaciones del proyecto.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Teja arquitectónica (Teja Arquitectónica Azul Galvanizada 0.31 x 1.01 x 6 MT)
- Tubo estructural 50x50x1,5 mm
- Tornillo de acero galvanizado autoperforante para sujeción

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil
- Soldador no calificado

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el ***Metro Cuadrado (M2)*** de cubierta con teja arquitectónica debidamente suministrada, instalada y aprobada por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro de materiales, transporte, instalación, fijaciones, herramientas, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.4.2. INSTALACION DE PUERTA METALICA DE SEGURIDAD

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, transporte e instalación de puerta metálica con marco, incluyendo bisagras, cerradura y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.

La puerta corresponde a una referencia tipo Puerta Ágata Dilataciones 0.80 x 2.10 m color blanco CR20 apertura derecha, o equivalente aprobado por la INTERVENTORÍA, instalada conforme a los planos y especificaciones del proyecto.

La actividad incluye el suministro de la puerta metálica, transporte interno, instalación del marco, nivelación, alineación, fijación, instalación de bisagras y cerradura, ajustes de funcionamiento y todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución del ítem.

La puerta deberá garantizar adecuado funcionamiento, estabilidad, seguridad y correcta operación del sistema de apertura y cierre.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Verificar dimensiones y localización de instalación.
- Revisar el estado físico de la puerta, marco y accesorios.
- Transportar los elementos hasta el sitio de instalación.
- Instalar y fijar el marco metálico.
- Verificar nivelación, alineación y plomo del marco.
- Instalar la puerta metálica en las bisagras correspondientes.
- Instalar cerradura y accesorios de seguridad.
- Realizar ajustes de apertura y cierre.
- Verificar correcto funcionamiento de la puerta.
- Retirar sobrantes y limpiar el área intervenida.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

No se permitirá el uso de elementos deformados, corroídos o con defectos que afecten la funcionalidad o apariencia de la puerta.

La puerta deberá quedar correctamente alineada y asegurada, garantizando estabilidad y adecuado funcionamiento del sistema de cierre.

Las bisagras y cerraduras deberán instalarse firmemente fijadas y en correcto funcionamiento.

La instalación deberá realizarse evitando daños en acabados y superficies intervenidas.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Equipo de Soldadura (hasta 250 Amp)

MATERIALES:

- Puerta metálica con marco, incluye bisagras y cerradura (Puerta Ágata Dilataciones 0.80 x 2.10 m Blanca CR20 Ap. Derecha)

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil
- Soldador no calificado

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UN)*** de puerta metálica con marco debidamente suministrada, instalada y aprobada por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro de materiales, transporte, instalación, fijaciones, herramientas, equipos, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

2.4.3. PLANTILLA DE CONCRETO E= 10 CM INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, transporte, preparación, vaciado y conformación de plantilla de concreto de 3.000 psi con espesor de 10 cm, reforzada con malla electrosoldada, para las áreas definidas en los planos y especificaciones del proyecto.

La actividad comprende el suministro de concreto elaborado en obra, instalación de malla electrosoldada, extendido, nivelación, vibrado, acabado y todos los trabajos necesarios para garantizar una adecuada conformación y resistencia de la plantilla.

La plantilla de concreto tendrá como finalidad proporcionar una superficie estable, uniforme y resistente para apoyo y protección de los elementos constructivos del proyecto.

Incluye suministro de materiales, transporte interno, colocación de refuerzo, vaciado de concreto, vibrado, nivelación, acabado superficial y limpieza final del área intervenida.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Verificar localización, dimensiones y niveles del área de intervención.
- Limpiar y adecuar la superficie donde se ejecutará la plantilla.
- Verificar condiciones del terreno de apoyo.
- Transportar materiales hasta el sitio de instalación.
- Instalar la malla electrosoldada conforme a las especificaciones del proyecto.
- Preparar el concreto de 3.000 psi.
- Vaciar el concreto en el área definida.
- Extender, nivelar y conformar la plantilla de concreto.
- Realizar vibrado del concreto para garantizar adecuada compactación.

- Ejecutar acabado superficial según requerimientos del proyecto.
- Realizar limpieza del área intervenida.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.
- El concreto deberá cumplir con la resistencia especificada y presentar adecuada trabajabilidad para su correcta colocación.
- No se permitirá el uso de materiales contaminados, concreto segregado o elementos de refuerzo deteriorados.
- La malla electrosoldada deberá colocarse correctamente alineada y asegurada para garantizar su adecuada ubicación dentro de la plantilla.
- La superficie final deberá quedar uniforme, nivelada y libre de fisuras, vacíos o irregularidades que afecten el desempeño de la estructura.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor
- Vibrador de concreto de 3 hp, mangueras de 4 a 6 m

MATERIALES:

- Concreto 3.000 psi hecho en obra
- Malla 15x15 cm 4.0 mm (XX-084) Rollo 18 x 2.35 m

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será el ***Metro Cuadrado (M2)*** de plantilla de concreto de 10 cm de espesor debidamente ejecutada, reforzada con malla electrosoldada y aprobada por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro de materiales, transporte, preparación, vaciado, vibrado,

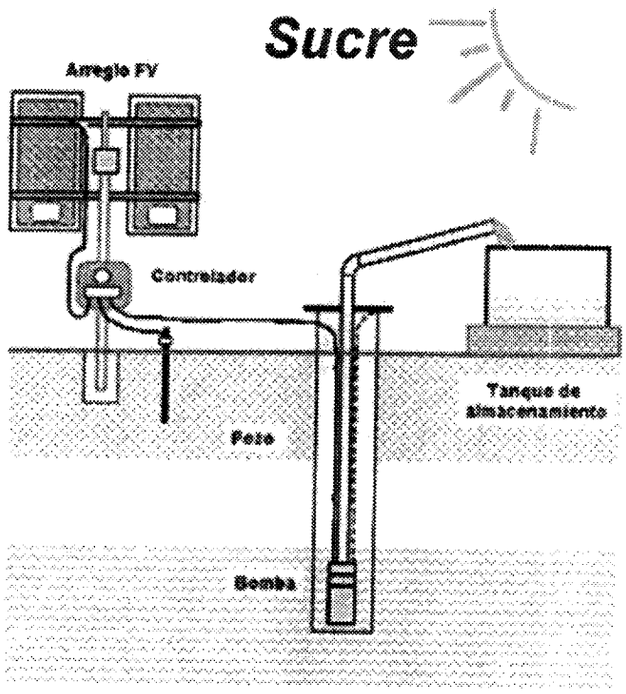
nivelación, colocación de malla electrosoldada, herramientas, equipos, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

Gobernación de Sucre | Secretaría de Energías

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PROYECTO: ***"OPTIMIZACION DEL SUMINISTRO ELECTRICO MEDIANTE ENERGIA FOTOVOLTAICA EN MICRO ACUEDUCTOS RURALES EN LOS MUNICIPIOS DE SINCÉ, GALERAS, GUARANDA, Y EL ROBLE EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE."***

Micro acueducto de Puerto Franco municipio de Galeras departamento de Sucre



MAYO 2026

GOBERNACION DE SUCRE.

SECRETARIA DE ENERGIAS.

0. PRELIMINARES

0.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO COMPONENTE CIVIL

DESCRIPCIÓN:

Una vez recibido el área o terreno, será de responsabilidad del Constructor localizar y replantear la obra, que es la operación que tiene por objeto el traslado fiel al terreno de las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

El Constructor adoptará sus propias medidas en relación con cualquier otro terreno que requiera para la ejecución del contrato y que se encuentre por fuera de los límites de la obra contratada.

Debe conservar todos sus elementos, reponiendo periódicamente aquellos que sufran deterioro y emplazando los auxiliares que sean necesarios para la correcta ubicación y ejecución de los trabajos contratados.

Este replanteo deberá ser verificado por la Interventoría y aprobado por ésta.

Ningún trabajo de movimiento de tierras podrá comenzar sin que el terreno se encuentre chaflanado o estacado en conformidad con lo indicado en el proyecto.

Con el objeto de llevar un adecuado control y referencia de los trabajos, junto con el replanteo del trazado, el Constructor deberá ejecutar o reponer las estacas del proyecto en longitud de acuerdo a la magnitud y categoría de la obra.

El Constructor deberá instalar, además, puntos de referencia altimétricos distanciados y ubicados fuera de la zona de los trabajos y en lugares donde no puedan sufrir ningún daño previsible durante el período de construcción.

La ubicación y las cotas de estos elementos deberán ser entregadas a la Interventoría antes de iniciar el trabajo que las requiera.

EQUIPOS:

- Herramienta menor
- Estación Total
- Nivel de precisión hasme

MATERIALES:

- Estacas para topografía
- Nylon
- Puntilla 2"

TRANSPORTE:

- No

MANO DE OBRA:

- Topógrafo
- Cadenero

MEDIDA Y PAGO:

Los trabajos de localización y replanteo topográfico de todas las actividades de la obra se miden y se pagan por ***Metro Cuadrado (M2)***. El precio unitario incluye todos los costos por el suministro, fabricación, transporte y almacenamiento de estacas, mojones, varas, pinturas etc. La utilización de equipos de topografía, la sistematización de la información y la mano de obra para las labores temporales y permanentes de topografía.

0.2. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO COMPONENTE ELÉCTRICO.

DESCRIPCIÓN:

Una vez recibido el terreno, será responsabilidad del Contratista efectuar la localización y replanteo del componente eléctrico del proyecto, actividad que comprende la identificación en campo de los puntos de implantación de las obras

eléctricas conforme a las dimensiones, alineamientos, cotas y coordenadas establecidas en los planos, diseños y documentos técnicos aprobados.

Esta actividad incluye la determinación y marcación de los sitios donde se desarrollarán las obras asociadas al componente eléctrico, así como la ejecución del análisis de resistividad eléctrica del terreno, con el fin de verificar las condiciones del suelo para el adecuado diseño y localización de los sistemas de puesta a tierra.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

El Contratista deberá revisar previamente los planos eléctricos, memorias técnicas y especificaciones del proyecto, con el fin de verificar en campo la correcta ubicación de las obras.

Se realizará el reconocimiento general del área de intervención, verificando accesos, niveles, interferencias físicas y condiciones existentes que puedan afectar la ejecución de las actividades eléctricas.

Se efectuarán las labores de localización y replanteo de los puntos de instalación de postes, canalizaciones, cajas de inspección, tableros, sistemas de puesta a tierra y demás elementos contemplados en el proyecto.

El replanteo deberá ejecutarse con instrumentos de precisión adecuados y deberá conservar estrictamente las distancias, alineamientos, cotas y niveles definidos en los planos aprobados.

Se llevará a cabo el análisis de resistividad eléctrica del terreno mediante equipo especializado, con el propósito de determinar las características eléctricas del suelo y establecer los parámetros requeridos para el diseño del sistema de puesta a tierra.

Todo replanteo realizado deberá ser revisado y aprobado por la Interventoría antes del inicio de las actividades constructivas.

Ninguna excavación, instalación o intervención relacionada con el componente eléctrico podrá ejecutarse sin que previamente se haya aprobado el replanteo correspondiente.

EQUIPOS:

- Herramienta menor
- Estación total
- Nivel de precisión
- Telurómetro

MATERIALES:

- Estacas para topografía
- Nylon
- Puntilla de 2"

TRANSPORTE:

- No

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Auxiliar electricista
- Ingeniero electricista.

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida y pago para la actividad de localización y replanteo del componente eléctrico será la ***unidad (UN)***.

El precio unitario incluirá todos los costos directos e indirectos necesarios para la correcta ejecución de la actividad, tales como mano de obra, equipos, herramientas, materiales menores, transporte interno, replanteo en campo, análisis de resistividad eléctrica del terreno, marcación de puntos, control de niveles, revisión técnica y todos los demás elementos requeridos para la completa ejecución y aprobación de los trabajos por parte de la Interventoría.

1. COMPONENTE ELÉCTRICO

1.1. IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA LA OPERACIÓN FOTOVOLTAICA E INSTALACIONES INTERNAS

1.1.1. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS MONOCRISTALINOS 6.3 KWP (20 PANELES DE 700 WP CADA UNO) CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS: η=20%; +3% CONDICIONES STC. GARANTÍA DE PRODUCCIÓN A 12 AÑOS DEL 90% Y DEL 80% A 25 AÑOS, TEMPERATURA DE TRABAJO DE -40°C +80°C, IEC61205. CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO INTERNACIONAL INCLUYE ACOMETIDA SUBTERRÁNEA EN CABLE SOLAR EN COBRE NO. 6MM2 DESDE BAJANTE HASTA GABINETE DC POR BANDEJA PORTACABLES TIPO MALLA 50X100X3000MM, EXCAVACION Y CAJAS DE REGISTRO ELECTRICO.

DESCRIPCION:

Esta actividad corresponde al suministro e instalación de paneles solares.

Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre ellos (energía solar fotovoltaica).

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas STC, que son (si son metálicos):

- Radiación solar de 1000 W/m²
- Temperatura de celda de 25 °C (no temperatura ambiente) Y condiciones NOTC
- Radiación solar de 800 W/m²
- Temperatura de celda de 20 °C (temperatura ambiente)
- Velocidad de viento 1m/s

Los paneles fotovoltaicos, en función del tipo de celdas que los forman, se clasifican en:

- Monocristalinos: se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, se aprecian que son curvos, debido a que es una celda circular recortada).
- Policristalinos: cuando están formados por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Uno o varios paneles constituyen un generador solar fotovoltaico. En la mayoría de los casos en las instalaciones de energía solar fotovoltaica, todas las celdas que conforman un módulo deben responder a la misma descripción y a la misma curva de (Corriente – Tensión). Y de la misma manera sucede con todos los módulos que conformen un generador; es decir, no se deben instalar módulos de distintas características y potencias.

Todos los módulos que conforman un generador solar fotovoltaico han de tener las mismas características eléctricas.

La conexión eléctrica entre paneles o módulos solares puede ser de tres clases:

- Conexión en serie.
- Conexión en paralelo.
- Combinando las anteriores hasta lograr la intensidad y tensión necesaria.

Un generador fotovoltaico está calculado para que genere una tensión de salida un poco por encima de la tensión que requiere el acumulador para completar su carga; así, su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también es mayor su peso, grosor y por ende su costo.

El generador fotovoltaico siempre estará en condiciones de cargar el acumulador, incluso en condiciones adversas (temperatura de las celdas alta, o baja insolación). Cuando se habla de tensión teórica de trabajo por ejemplo en un sistema de 12 Vdc, el panel tiene que suministrar una tensión superior a ésta para poder así cargar las baterías; es decir, la tensión real es mayor. Con bastante frecuencia se realizan

conexiones tanto en serie como en paralelo hasta conseguir los valores idóneos para cada aplicación.

Los materiales utilizados en el montaje de la instalación solar fotovoltaica deben ser aptos para las características adversas del medioambiente en las que se instale y ser compatibles con las condiciones de alta temperatura y humedad, así como de acidez del suelo, esto con el fin de evitar la corrosión galvánica y/o electroquímica de los materiales que la componen. Por lo tanto, es requisito seguir las normas requeridas por los equipos para la protección contra la corrosión y humedad para cada uno de los sistemas solares fotovoltaicos instalados por usuario beneficiado y de acuerdo a la región del proyecto.

1.1.2. TABLERO DE PROTECCIONES PRINCIPAL, INCLUYE ACCESORIOS PARA CONEXIONES

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere al suministro, transporte, instalación, conexión y puesta en funcionamiento del tablero principal de protecciones eléctricas.

El sistema estará conformado por tablero general con protecciones eléctricas para motor.

La actividad incluye suministro de materiales y equipos, transporte interno, montaje, instalación, fijación, conexiones eléctricas, configuración básica de los equipos, pruebas de funcionamiento y todos los trabajos necesarios para garantizar la correcta operación del sistema conforme a los planos y especificaciones técnicas del proyecto.

El sistema tendrá como finalidad garantizar la protección eléctrica.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Consultar planos eléctricos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Verificar ubicación y condiciones del sitio de instalación.

- Revisar el estado físico y características de los equipos y accesorios.
- Transportar materiales y equipos hasta el sitio de instalación.
- Instalar tablero principal de protecciones.
- Realizar fijación y montaje de los equipos eléctricos.
- Verificar condiciones finales para aprobación de la INTERVENTORÍA.

Los equipos eléctricos deberán cumplir con las especificaciones técnicas del proyecto y encontrarse libres de daños, deformaciones o defectos de fabricación.

No se permitirá el uso de materiales deteriorados, conexiones defectuosas o elementos que comprometan la seguridad y funcionamiento del sistema.

Las conexiones eléctricas deberán ejecutarse de manera segura, ordenada y conforme a la normatividad eléctrica aplicable.

El sistema deberá quedar correctamente identificado, conectado y operando adecuadamente antes de su aprobación final.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Tablero general para motor , con todas sus protecciones
- Contador bidireccional bifásico
- Smart Meter incluye cableado
- Modem incluye cableado

TRANSPORTE:

- Sí

MANO DE OBRA:

- Ingeniero Electricista
- Técnico Electricista
- Auxiliar Electricista

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UN)*** de tablero principal de protecciones, medidor bidireccional, Smart Meter y módem debidamente suministrados, instalados, conectados y aprobados por la INTERVENTORÍA.

El pago se realizará al precio unitario establecido en el contrato e incluirá todos los costos por suministro de materiales y equipos, transporte, montaje, cableados, conexiones, pruebas de funcionamiento, herramientas, mano de obra, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

1.1.3. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA DE PUESTA A TIERRA CON VARILLA DE COBRE 2,4M X 5/8", BAJANTE EN CABLE DE COBRE DESNUDO TEMPLE DURO NO. 2/0 AWG, CON TERMINALES EN COBRE Y TRATAMIENTO DE SUELO

DESCRIPCION:

La presente especificación técnica tiene por objeto establecer los requisitos, condiciones de utilización y prestaciones básicas que deben satisfacer las varillas cilíndricas de cobre para puestas a tierra permanentes.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

La varilla no debe ser afectada por electrólisis y/o corrosión galvánica cuando se instale bajo las condiciones reales de servicio y esté expuesta a la humedad. Debe tener rigidez y resistencia mecánica adecuadas para permitir su instalación en el terreno sin rotura o deformaciones que afecten su servicio. Para varillas con núcleo de acero, el revestimiento de cobre se depositará mediante electrólisis o fusión que asegure la perfecta adherencia del cobre sobre el núcleo de acero.

Las longitudes de las varillas deben ser de 2,44 m. En caso de solicitarse fraccionada en tramos de 1,20 m, para propósito dual (como extensión o como terminal), su unión será por medio de un acople roscado en bronce. El roscado se efectuará después del cobrizado, por el procedimiento de laminado en frio sin arranque de viruta. La rosca no deberá tener ningún punto en que se haga visible el acero, la unión debe ser de cobre o aleación de cobre con un contenido mínimo del

80% de cobre y proveer una conexión eléctrica y mecánica entre los segmentos de las varillas. Para el hincado de la varilla fraccionada se colocará un tornillo roscado (perno de hincado) sobre el cual se golpea para el enterramiento.

Cuando se utilice unión mecánica el conector y su tornillo deben ser de cobre o aleación de cobre con un contenido mínimo de 80% de cobre y debe proveer una conexión eléctrica y mecánica entre la varilla de puesta a tierra y el conductor. La unión mecánica debe ser rígida.

Las varillas serán instaladas, enterradas en cualquier zona del área de del proyecto. Los suelos donde son hincadas podrán ser terrenos de relleno, arenosos, rocosos, arcillosos semiduros, con una capa de profundidad variable de humus, abarcando químicamente suelos desde ácidos a alcalinos y desde oxidantes a reductores con gran variedad en la cantidad y tipo de sales solubles.

Para los suelos ácidos y con alta resistividad se deberá utilizar varillas sólidas de cobre, para puestas a tierra de subestaciones de distribución. En suelos alcalinos, de baja resistividad y poca dificultad en el enterramiento se utilizarán varillas con núcleo de acero recubiertas de cobre por proceso de electrólisis o deposición del cobre sobre el acero y no se aceptará las del tipo enchaquetado.

Las varillas 2,44 m se utilizarán en subestaciones de distribución, cajas y armarios de medidores. Las varillas seccionadas se emplearán cuando se requiera profundizar la puesta a tierra.

La instalación no posee Sistema de puesta a tierra, sin embargo, se implementa un SPT según la IEEE80-2000, se realiza un modelo rectangular con 4 nodos unidos por cable 2/0 AWG.

Por tal motivo se propone un sistema rectangular con 4 varillas y cable 2/0 AWG con soldadura exotérmica Este SPT se conectará al tablero principal de baja tensión que alimenta la bomba y el cual será el punto de conexión del sistema solar.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Varilla de cobre de 5/8" x 2.4 m
- Conector varilla de puesta a tierra cobre-cobre
- Borna terminal bimetálica Nº 2/0 AWG
- Cable de cobre desnudo Nº 2/0 AWG
- Soldadura exotérmica 90 gr
- Cemento conductivo para puestas a tierra granulado fino x 25
- Caja de inspección 30 x 30 cm

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida de esta actividad es por ***Unidad (UNIDAD)***, y su pago se realizará con un valor igual al estipulado en los formatos de precios unitarios.

1.1.4. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE INVERSOR DE 12 KW, 60 HZ, PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA. INCLUYE TABLERO DE PROTECCIONES DC TIPO INTERIOR GRADO DE PROTECCION IP65 DE 800 X 600 X 250 MM PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA Y SOBRETENSIONES DE ACUERDO AL DIAGRAMA UNIFILAR Y TABLERO DE PROTECCIONES AC TIPO INTERIOR GRADO DE PROTECCION IP65 DE 800 X 600 X 250 MM PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA Y SOBRETENSIONES DE ACUERDO AL DIAGRAMA UNIFILAR .

Inversor HI-12K-DL de 12 kW

- Máxima potencia FV recomendada (STC): 19200W
- Rango de potencia máxima: 80-500V
- Numero de MPPTs: 4
- Potencia nominal CA: 12000W
- Corriente máxima de salida: 55A
- Distorsión armónica total: < 3%
- Eficiencia de MPPT: 99,90%

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

- Fijar el Inversor en el tablero de control.

- Para colocar el Inversor en el tablero de control, debe considerarse que debe ir ubicado de tal forma que se deje espacio suficiente para poder realizar el cableado adecuadamente.
- Coloque el Inversor de carga en la plancha del tablero de control y ajústelo firmemente con los pernos o tornillos.
- Fije la caja o gabinete de control. Elija un ambiente seco y alejado de los rayos del sol. Además, debe ser un lugar accesible y visible para los usuarios.

EQUIPOS:

- Herramienta Menor

MATERIALES:

- Inversor solar
- Cofre aisiv maniobra y cableado con sistema de alimentación hibrida
- Sistema de protección y aislamiento

MANO DE OBRA:

- Técnico eléctrico
- Ayudantes eléctricos

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida de esta actividad es por ***Unidad (UNIDAD)***, y su pago se realizará con un valor igual al estipulado en los formatos de precios unitarios.

1.1.5. ACOMETIDA DESDE INVERSOR HASTA TABLERO PRINCIPAL (INCLUYE CANALIZACION)

DESCRIPCION:

comprende el suministro, transporte, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento de la acometida eléctrica desde el inversor fotovoltaico hasta el tablero principal de distribución, incluyendo las canalizaciones, accesorios,

elementos de fijación y demás componentes necesarios para garantizar una conexión segura, continua y conforme a la normatividad vigente.

La actividad incluye la instalación de conductores eléctricos, tubería conduit galvanizada, abrazaderas metálicas, cinta de señalización eléctrica y todos los accesorios requeridos para el correcto montaje del sistema eléctrico asociado a la solución fotovoltaica

La canalización se realizará a una profundidad mínima de 50 cm, asegurando la adecuada protección mecánica de los conductores y su correcta operación.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Se deberá verificar en sitio el recorrido de la acometida y definir los puntos de fijación, evitando interferencias con otras redes o estructuras..
- La tubería conduit galvanizada deberá instalarse firmemente asegurada mediante abrazaderas metálicas, manteniendo alineación, nivel y continuidad mecánica..
- Los conductores serán instalados al interior de la canalización evitando empalmes innecesarios. Se deberá garantizar que el aislamiento no sufra daños durante el proceso de instalación..
- Las conexiones entre el inversor y el tablero principal deberán ejecutarse utilizando terminales y elementos adecuados, garantizando baja resistencia de contacto y correcta continuidad eléctrica.Tendido de conductores eléctricos desde el tablero AC hasta el tablero principal.
- El conductor de puesta a tierra deberá identificarse con color verde y conectarse conforme a RETIE y diseño eléctrico aprobado..
- Finalizada la instalación se realizarán pruebas de continuidad, aislamiento y verificación de funcionamiento del circuito..

EQUIPOS:

- Herramienta menor de electricista

- Taladro y accesorios.
- Equipos de medición eléctrica.
- Escaleras y elementos de acceso.
- Equipos de seguridad industrial.

MATERIALES:

- Cable aislado No. 4 AWG cobre:
  Conductor de cobre electrolítico con aislamiento para uso eléctrico en sistemas de baja tensión, apto para instalaciones en canalización conduit y adecuado para la capacidad de corriente requerida por el sistema fotovoltaico.Tubería conduit (PVC o EMT)
- **Cable aislado No. 8 AWG cobre THHN color verde:** Conductor destinado al sistema de puesta a tierra, fabricado en cobre y con aislamiento tipo THHN color verde, cumpliendo los requisitos de seguridad eléctrica establecidos en RETIE y NTC 2050.Cinta de señalización para redes eléctricas
- **Abrazaderas metálicas para tubería:** Elementos de fijación fabricados en material galvanizado o anticorrosivo, utilizados para asegurar la tubería conduit a estructuras o superficies, garantizando estabilidad mecánica de la canalización.Conectores, terminales y elementos de fijación
- **Tubo metálico IMC conduit galvanizado de 1 ¼ pulgadas con unión:** Canalización metálica diseñada para protección mecánica de conductores eléctricos, fabricada en acero galvanizado resistente a la corrosión y adecuada para instalaciones eléctricas exteriores e interiores.
- **Cinta de señalización eléctrica 15 cm x 50 m:** Cinta de advertencia utilizada para identificación y señalización de redes eléctricas, instalada conforme a los criterios de seguridad y prevención establecidos en la normatividad vigente.
- **Accesorios y elementos de conexión:** Incluye uniones, conectores, terminales, tornillería y demás accesorios

necesarios para garantizar una instalación segura, continua y técnicamente adecuada.

MANO DE OBRA:

La actividad deberá ejecutarse con personal calificado y auxiliar eléctrico con experiencia en instalaciones fotovoltaicas y acometidas eléctricas.

Como mínimo:

- Técnico electricista.
- Auxiliar electricista.

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la **Unidad (UN)** de acometida instalada y recibida a satisfacción.

El pago incluirá:

- Materiales.
- Transporte.
- Mano de obra.
- Equipos y herramientas.
- Instalación completa.
- Pruebas y puesta en funcionamiento.
- Desperdicios y accesorios necesarios.

1.1.6. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLEADO DE INTERCONEXIÓN ENTRE PANELES SOLARES

DESCRIPCIÓN:

La presente actividad comprende el suministro, transporte, instalación y puesta en funcionamiento del cableado de interconexión entre paneles solares fotovoltaicos,

incluyendo todos los materiales, accesorios, herramientas y mano de obra necesarios para garantizar la correcta conexión eléctrica del sistema.

La actividad consiste en la instalación de cable tipo solar calibre 6 mm² para la conexión en corriente continua (DC) entre los módulos fotovoltaicos, asegurando adecuada conducción eléctrica, resistencia a condiciones ambientales exteriores y cumplimiento de los requisitos técnicos y de seguridad establecidos en la normatividad vigente.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Antes de iniciar la instalación se deberá verificar la ubicación de los paneles solares, el diseño eléctrico aprobado y las rutas definidas para el cableado de interconexión, garantizando que no existan interferencias o elementos que puedan afectar la instalación..
- Se comprobará que el cable tipo solar calibre 6 mm² y los accesorios de conexión se encuentren en buen estado, libres de daños físicos y cumplan con las especificaciones técnicas requeridas para sistemas fotovoltaicos.Adecuación y nivelación del fondo de la zanja.
- El cableado será instalado entre los módulos fotovoltaicos siguiendo la configuración eléctrica definida en el diseño del sistema. Los conductores deberán colocarse de manera ordenada, evitando tensiones mecánicas, dobleces excesivos o contacto con bordes cortantes y superficies calientes.Tendido del cable de media tensión desde el transformador hasta el tablero principal, incluyendo reserva técnica en extremos.
- Las conexiones eléctricas deberán realizarse utilizando conectores certificados y compatibles con sistemas fotovoltaicos, garantizando continuidad eléctrica, hermeticidad y adecuada resistencia al ingreso de humedad y polvo.
- El cableado deberá quedar debidamente asegurado a la estructura de soporte mediante elementos de fijación resistentes a la intemperie, evitando que los conductores queden suspendidos o expuestos a daños mecánicos.

- Una vez finalizada la instalación se realizarán pruebas de continuidad, polaridad y verificación de conexiones para asegurar el correcto funcionamiento del circuito fotovoltaico.
- Al finalizar los trabajos se deberá realizar la limpieza del área intervenida y retirar materiales sobrantes, residuos y elementos temporales utilizados durante la instalación.

EQUIPOS:

- Herramientas manuales (palas, picos, etc.)

MATERIALES:

- Cable tipo solar 6 mm².Tubería conduit para media tensión (PVC o PEAD)

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Oficial electricista

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (Ml)*** de cableado de media

1.2 Redes de media tension y elementos de soporte

1.3.1. **SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA MT331-1** ***(INCLUYE RETENIDA A TIERRA EN ANCLA DE HORMIGÓN)***

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende el suministro, transporte, montaje e instalación de la estructura tipo MT331-1 para redes de media tensión, incluyendo todos sus herrajes, accesorios y la instalación de retenida a tierra con ancla en hormigón, garantizando la estabilidad mecánica de la estructura y el cumplimiento de la normatividad vigente.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Localización y replanteo del punto de instalación de la estructura.
- Verificación del poste soporte y condiciones mecánicas.

- Instalación de crucetas, ménsulas, aisladores y demás herrajes de la estructura MT331-1.
- Montaje y fijación de los elementos mediante pernos, tuercas y tornillería galvanizada.
- Excavación para la instalación de la retenida.
- Construcción del anclaje en hormigón para retenida.
- Instalación del cable de retenida (guaya), tensado y fijación al poste.
- Ajuste de tensión de la retenida garantizando la estabilidad estructural.
- Verificación de alineación, nivelación y correcta instalación de todos los componentes.

EQUIPOS:

- Camión canasta o escalera
- Equipo de izaje
- Herramientas manuales
- Equipo de perforación

MATERIALES:

- Herrajes y accesorios tipo MT331-1
- Crucetas metálicas
- Aisladores de media tensión
- Pernos, tuercas y tornillería galvanizada
- Cable de retenida (guaya de acero galvanizado)
- Tensor para retenida
- Ancla prefabricada o fundida en sitio en hormigón
- Cemento, arena, grava y agua (para anclaje)
- Elementos de fijación y consumibles

MANO DE OBRA:

- Liniero
- Técnico electricista
- Oficial de obra

- Auxiliares

MEDIDA Y FORMA DE PAGO:

La unidad de medida será la ***Unidad (UND)*** de estructura MT331-1 completamente instalada, incluyendo la retenida con anclaje en hormigón.

El pago incluirá el suministro de materiales, transporte, montaje, excavación, construcción del anclaje, instalación de retenida, equipos, herramientas, mano de obra y todas las actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

El pago se realizará previa verificación y aprobación por parte de la Interventoría, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normatividad vigente.

1.3.2. Suministro, transporte e instalación de elementos de medida indirecta tipo exterior (2tt's y 2tc's), seccionadores tipo cuchilla y reconectador. Incluye, instalacion de medida en caliente, bloque de prueba, cableado para señal de medicion, instalacion de equipo de comunicaciones del OR, gabinete para medidor, programacion del medidor y medidor bidireccional.

DESCRIPCIÓN:

Esta actividad comprende el suministro, transporte, instalación, montaje, conexión, configuración y puesta en funcionamiento del sistema de medición indirecta tipo exterior para redes de media tensión en 13,2 kV, conformado por el punto de medida indirecta, bloque de prueba, cableado para señal de medición, gabinete para medidor, equipo de comunicaciones del Operador de Red, programación del medidor y medidor bidireccional, de acuerdo con los planos aprobados, especificaciones técnicas del proyecto y exigencias del Operador de Red.

Incluye además todas las labores necesarias para garantizar la correcta integración del sistema de medida con la red eléctrica existente, asegurando condiciones adecuadas de seguridad, funcionamiento, precisión y cumplimiento normativo.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Verificar previamente los planos eléctricos, diagramas unifilares, memorias técnicas y requisitos particulares establecidos por el Operador de Red para la instalación del sistema de medición.
- Realizar la inspección del sitio de instalación, verificando accesibilidad, condiciones de seguridad, disponibilidad de espacio y compatibilidad con las estructuras y redes existentes.
- Efectuar el suministro y transporte hasta el sitio de obra de todos los elementos requeridos para la medición indirecta, garantizando su integridad física y cumplimiento de especificaciones técnicas.
- Instalar el punto de medida indirecta en 13,2 kV tipo exterior, incluyendo los accesorios requeridos para su correcta fijación y operación.
- Instalar el gabinete para medidor, bloque de prueba y demás elementos auxiliares de protección, soporte y conexionado.
- Ejecutar el suministro e instalación del cableado para señal de medición, incluyendo conductor Cu 4C semindirecto o equivalente aprobado, así como terminales, conectores y accesorios necesarios.
- Realizar la integración del equipo de comunicaciones del Operador de Red, verificando el correcto enlace con el sistema de telemedida cuando sea exigido.
- Programar el medidor bidireccional de acuerdo con las condiciones operativas definidas por el proyecto y los parámetros establecidos por el Operador de Red.
- Efectuar pruebas de funcionamiento, continuidad, verificación de señales y revisión general de la correcta operación del sistema de medición instalado.
- La actividad deberá quedar revisada y aprobada por la Interventoría y, cuando aplique, por el Operador de Red antes de su puesta en servicio definitiva.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Herramienta menor
- Equipo de izaje o grúa rural cuando se requiera

MATERIALES:

- Punto de medida indirecta 13,2 kV exterior 2TC 2T
- Instalación completa del suministro en media tensión tipo exterior en 13,2 kV

- Revisión del servicio en medida indirecta
- Conductor bidireccional E.A.P. 8-1/0 AWG ACSR o equivalente aprobado
- Cableado de señal de medición
- Gabinete para medidor
- Bloque de prueba
- Medidor bidireccional
- Equipo de comunicaciones del Operador de Red

TRANSPORTE:

Incluye transporte terrestre nacional hasta cabecera municipal y transporte local hasta el sitio de instalación, considerando condiciones de acceso rural y vías carreteables.

MANO DE OBRA:

- Técnico electricista
- Auxiliar electricista.

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida y pago será la ***Unidad (UN)*** de sistema de medición indirecta completamente instalado, probado, programado y aprobado.

El precio unitario incluirá todos los costos directos e indirectos necesarios para la correcta ejecución de la actividad, incluyendo suministro de materiales, transporte, cargue, descargue, almacenamiento, instalación, equipos, herramientas, mano de obra calificada y no calificada, pruebas de funcionamiento, programación del medidor, integración con el sistema de comunicaciones del Operador de Red y todos los elementos adicionales requeridos para la entrega del sistema en correcto estado de operación.

2. OBRA CIVIL

2.1. CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES

2.1.1. LIMPIEZA, DESMONTE Y DISPOCION DEL LOTE

DESCRIPCIÓN:

Una vez recibido el área o terreno, será responsabilidad del Constructor proceder con la limpieza completa del lote, que incluye la eliminación de todo tipo de vegetación, escombros, basura y obstáculos existentes en el terreno, garantizando así que quede ibre de impedimentos para la correcta ejecución de la obra.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

El constructor realizara la eliminación de la capa vegetal presente en el lote del proyecto como: maleza, arbusto, hierbas, pasto y demás vegetación que interfiera con el desarrollo de la construcción incluyendo la tala de árboles, haciendo la salvedad que se debe cumplir con todas las normativas ambientales de la zona.

El constructor tiene la obligación de retirar todo resto de construcciones previas como basuras, escombros de gran tamaño y cualquier otro material que se encuentre en la zona de proyecto.

Se realizará una nivelación previa si es necesario del terreno de la zona del proyecto.

EQUIPOS:

- Equipo de desmonte (guadañadora)

MATERIALES:

- N/A

MANO DE OBRA:

- Oficial de obra
- Auxiliares Civiles

MEDIDA Y PAGO:

Los trabajos de limpieza de lote de todas las actividades de la obra se miden se pagan por ***Metro Cuadrado (M2)***. El precio unitario incluye todos los costos por el suministro, fabricación, transporte y almacenamiento de equipos de desmonte.

2.1.2. DESCAPOTE MANUAL NIVEL 0.00 E= 30 CM

DESCRIPCIÓN:

Este ítem se refiere a la limpieza de terreno cuyo fin es eliminar la vegetación existente sobre un terreno, es parte importante de su habilitación para el desplante de una estructura y en la realización de una excavación; puede ejecutarse a mano o a máquina; el material sobrante debe llevarse a escombreras certificadas

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Extraer los troncos y raíces.
- Retirar la vegetación superficial (hierba, maleza o residuos de sembradíos).
- Retirar fuera de la obra o terreno del producto de las actividades anteriores.
- Determinar el nivel que va a servir de referencia, teniendo como base la topografía.
- Si la nivelación se hace con manguera, utilizar una manguera plástica y transparente; a mayor longitud mejor funciona (no menos de cinco metros de largo). La manguera no debe tener burbujas manejando equipos de identificación de los niveles proporcionados por el procedimiento anteriormente mencionado.
- Colocar en ambos extremos un collar de alambre dulce; cuando no se utilice se dobla para que no se salga el agua.

EQUIPOS:

- Pala Cargadora Sobre Neumáticos de 120 kW/1,9 m3

MATERIALES:

- N/A

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Auxiliares Civiles

MEDIDA Y PAGO:

Se pagará por Metro ***Cuadrado (M2)*** de tierra removida, calculados con base en levantamientos topográficos efectuados antes de ejecutar la obra y el pago se hará por precios unitarios ya establecidos en el contrato que incluye herramienta, mano de obra, equipos y transporte necesario para su ejecución.

2.1.3. RELLENO Y COMPACTACIÓN EN MATERIAL SELECCIONADO PARA NIVELACIÓN FONDO DE CIMENTACIONES EN ZAHORRA CALIZA COMPACTADO AL 95%

DESCRIPCIÓN:

Se entiende por relleno, el conjunto de operaciones encaminadas a cubrir las Actividades realizadas en las excavaciones consistentes principalmente en la selección del material de relleno, la extendida y colocación del mismo y la compactación de capas hasta los niveles indicados en el proyecto o los señalados por la Interventoría. Los rellenos a mano son los ejecutados con equipos manuales, por ejemplo, picos, garlanchas, carretillas, pisones de madera o de hierro, Vibro compactador de impacto tipo canguro y pisones neumáticos manuales. Los materiales para relleno compactado se obtendrán de las excavaciones necesarias para las obras, pero si esto no fuere posible, como resultado de la secuencia de las operaciones del contratista, cuando los materiales de las excavaciones sean inadecuados, el contratista podrá obtener los materiales del área de préstamo, previa aprobación del Interventor.

No podrán utilizarse para el relleno de excavaciones materiales como basuras, raíces, descapotes, malezas, arcilla plástica o de cualquier otro material que entre

en descomposición o que no produzca el grado de compactación o la resistencia deseada.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN:

- Para la realización de esta actividad, como mínimo se deben seguir las siguientes etapas:
- Preparación del material seleccionado de la excavación.
- Extendido, colocación y compactación de las capas de material mezclado hasta alcanzar las cotas estipuladas en los planos de diseño.
- Chequeo de las cotas finales.

EQUIPOS:

- Herramientas Menores
- Apisonador Tipo Canguro

MATERIALES:

- Zahorra Caliza

TRANSPORTE:

- Si

MANO DE OBRA:

- Oficial de Obra Civil
- Auxiliar Civil

MEDIDA Y PAGO:

La unidad de medida para este ítem será el ***Metro Cubico (M3)*** de material extendido y compactado medido en el sitio de la compactación, cabe resaltar que dentro del costo/unidad se incluyen los materiales y herramientas necesarias, así como las distancias de acarreo desde el punto de acopio hasta el lugar de relleno.