

**ANEXO GENERAL DEL FORMULARIO SIMPLIFICADO PARA SOLICITUD DE
CONEXIÓN DE AUTOGENERADORES A PEQUEÑA ESCALA Y
GENERADORES DISTRIBUÍDOS CON POTENCIA INSTALADA MENOR O
IGUAL A 0.1 MW**



**ECOSISTEMAS SOLUCIONES TECNOLOGICAS S.A.S
DPTO. DE INGENIERIA Y CONSULTORIA
PEREIRA - RISARALDA
2021**

**ANEXO GENERAL DEL FORMULARIO SIMPLIFICADO PARA SOLICITUD DE
CONEXIÓN DE AUTOGENERADORES A PEQUEÑA ESCALA Y
GENERADORES DISTRIBUÍDOS CON POTENCIA INSTALADA MENOR O
IGUAL A 0.1 MW**



**PRESENTADO POR:
Ing Rolando Arcila
RS205-35586**

**PRESENTADO A:
Ing Cesar Cuadros**

**ECOSISTEMAS SOLUCIONES TECNOLOGICAS S.A.S
DPTO. DE INGENIERIA Y CONSULTORIA
PEREIRA - RISARALDA
2021**

Contenido

1. Introducción.....	8
2. Características del sistema.....	9
3. Capacidad del sistema Instalado	10
3.1 Información general del proyecto.....	11
4.2 ANEXO GENERAL DEL FORMULARIO SIMPLIFICADO PARA SOLICITUD DE CONEXIÓN DE AUTOGENERADORES A PEQUEÑA ESCALA Y GENERADORES DISTRIBUÍDOS CON POTENCIA INSTALADA MENOR O IGUAL A 0.1 MW	14
a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. 14	
b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.....	15
c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.	15
d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.	16
e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	17
f. Análisis del nivel tensión requerido.	31
g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.....	31
h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.....	31
i. Sistema de puesta a tierra del inmueble.	31
j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía (cuando la conexión implica cambio del conductor principal o acometida, por ejemplo, por incremento del nivel de cortocircuito que supere la capacidad de los equipos de corte o interrupción).....	32
k. Verificación 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, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.	32
l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.	33
m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.....	33
n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.). Lo anterior cuando la conexión implica cambio del conductor principal o acometida, por ejemplo, por incremento del nivel de cortocircuito que supere la capacidad de los equipos de corte o interrupción. .	33
o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	34
p. Cálculos de regulación.	36

q. Clasificación de áreas.....	37
r. Presentación de diagramas unifilares (también se debe identificar esquemáticamente la conexión del sistema de puesta a tierra con su conductor correspondiente, y el esquema de protecciones con sus características). Adicionalmente, indicar las distancias de seguridad respecto a las redes existentes y el cuadro de cargas de la demanda total.....	37
s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.....	38
t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	39
u. Distancias de seguridad requerida.....	39
v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.....	41
w. Cálculos mecánicos	41
x. Cálculos fotovoltaicos.....	39

Contenido de Figuras

Figura 1 Sistema ON-GRID.....	9
Figura 2 Categoría de sobretensión.....	15
Figura 3 Cálculo de la corriente de cortocircuito.....	16
Figura 4 Cálculo del apantallamiento de la vivienda y del sistema.....	17
Figura 5 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos).....	18
Figura 6 tabla 9.4 (decisiones y acciones para controlar el riesgo).....	18
Figura 7 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para arco eléctrico.....	19
Figura 8 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para arco eléctrico en paneles solares.....	19
Figura 9 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para arco eléctrico en tableros de distribución.....	20
Figura 10 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para arco eléctrico en el inversor.....	20
Figura 11 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para Para contacto directo en partes energizadas.....	21
Figura 12 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para Para contacto directo en partes energizadas en paneles solares.....	21
Figura 13 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para Para contacto directo en partes energizadas tableros de distribución.....	22
Figura 14 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto directo en partes energizadas en el inversor.....	22
Figura 15 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para contacto indirecto.....	23
Figura 16 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto indirecto en paneles solares.....	23
Figura 17 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto indirecto en tableros de distribución.....	24
Figura 18 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto indirecto en el inversor.....	24
Figura 19 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para corto circuito.....	24
Figura 20 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para corto circuito en paneles solares.....	25
Figura 21 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para corto circuito en tableros de distribución.....	26
Figura 22 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para corto circuito en el inversor.....	27
Figura 23 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para equipo defectuoso.....	27
Figura 24 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para equipo defectuoso en paneles solares.....	27
Figura 25 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para equipo defectuoso en tableros de distribución.....	28
Figura 26 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para equipo defectuoso en el inversor.....	28
Figura 27 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para sobrecarga.....	29
Figura 28 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para sobrecarga en paneles solares.....	29
Figura 29 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para sobrecarga en tableros de distribución.....	30
Figura 30 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para sobrecarga en el inversor.....	30
Figura 31 Tabla 250-95 de la NTC 2050.....	32
Figura 32 Cálculo de la corriente de cortocircuito.....	32
Figura 33 Cálculo mecánico de la estructura.....	33

Figura 34 Curva de trabajo del breaker chint de 40A.....	33
Figura 35 Calculo de las pérdidas de energía.....	35
Figura 36 Tabla 310-16 del RETIE.....	35
Figura 37 Tabla 20.2 de la NTC 2050.....	36
Figura 38 Cálculo de la regulación del sistema en el lado AC en la interfaz de procables.....	37
Figura 39 Cálculo de la regulación del sistema en el lado DC.....	37
Figura 40 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.....	38
Figura 41 Ubicación de equipos.....	39
Figura 42 tabla 13.7 distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas con CA.....	40
Figura 43 tabla 13.8 distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas con DC.....	40
Figura 44 Límites de aproximación.....	41
Figura 45 Estudio mecánico y conclusiones.....	42
Figura 46 Tabla 13.9 Capacidad de corriente conductores fotovoltaicos.....	40
Figura 47 Tabla 14 Comparación de pérdidas de energía entre cable awg y fotovoltaicos.....	40
Figura 48 Tabla 14.1 factores de corrección por temperatura de conductores fotovoltaicos.....	40
Figura 49 Datos entrada del Inversor Fronius 5 kw.....	41
Figura 50 Datos de salida de inversor Fronius 5kw.....	41
Figura 51 ficha técnica panel Yingli solar 385w.....	41
Fig 52 Tabla 14.2 leyenda cálculos fotovoltaicos.....	46
Fig 53 Calculo de resistividad.....	46
Fig 54 Cálculo de Energía Generada.....	47
Fig 55 Cálculo de Energía Consumida.....	47
Fig 55.1 Tabla promedio mensual de Radiación en Cali.....	47
Fig 56 Elementos de Protección control y maniobra.....	47
Fig 57 Protecciones adicionales del sistema del inversor.....	48
Fig 58 Estándares para Protección del Sistema Anti-Isla.....	48

(6) 335 9308

Cra. 13 # 8 - 68 Local 1A Av. Circunvalar
Pereira Risaralda.

www.ecosistemassoltec.com



Contenido de tablas

Tabla 1 cuadro de cargas del inmueble.	15
Tabla 2 Cálculo de la capacidad de la tubería.	34

1. Introducción

El sistema solar fotovoltaico conectado a la red de 5.0 Kwp ha sido diseñado, programado e instalado por ECOSISTEMAS Soluciones tecnológicas S.A.S (Ecosoltec S.A.S)

Ecosoltec S.A.S es una empresa dedicada al desarrollo, comercialización e instalación de sistemas de energía Renovables. Nuestras soluciones comprenden sistemas de energía solar con componentes complementarios altamente eficientes.

Este sistema ofrece numerosas ventajas entre ellas:

- No tiene costo operativo.
- Hasta 20 años de garantía.
- Requiere mínimo mantenimiento.
- Es amigable con el medio ambiente y sin emisiones de CO2.
- No usa ni depende del alza en el precio de las fuentes fósiles.

En la presente memorias de cálculo encontrarán toda la información relacionada con su sistema solar tales como especificaciones técnicas, medidas de seguridad, manuales de los equipos principales y garantías.

2. Características del Sistema

Para realizar la transformación de energía solar fotovoltaica en energía eléctrica se tienen dos tipos de soluciones: Sistemas interconectados (ON-GRID) y sistemas NO interconectados (OFF-GRID).

Los sistemas *No interconectados* (OFF-GRID) utilizan baterías para el almacenamiento de energía y se utilizan principalmente para electrificación rural, fincas, campamentos y eco hoteles.

Un sistema *Interconectados* (ON-GRID) o interactivo, es aquel genera energía por medio de fuentes solares y la inyecta a un sistema eléctrico.

En este caso, la red eléctrica de la vivienda está alimentado por la empresa de EMCALI y el sistema solar diseñado es un sistema interconectado (ON-GRID) de tal forma que la potencia eléctrica sea consumida directamente de la casa. El principal objetivo de este sistema es reducir el consumo de energía, es decir que de manera simultánea el cliente consume energía solar y energía de la red, como se muestra en la figura 1.

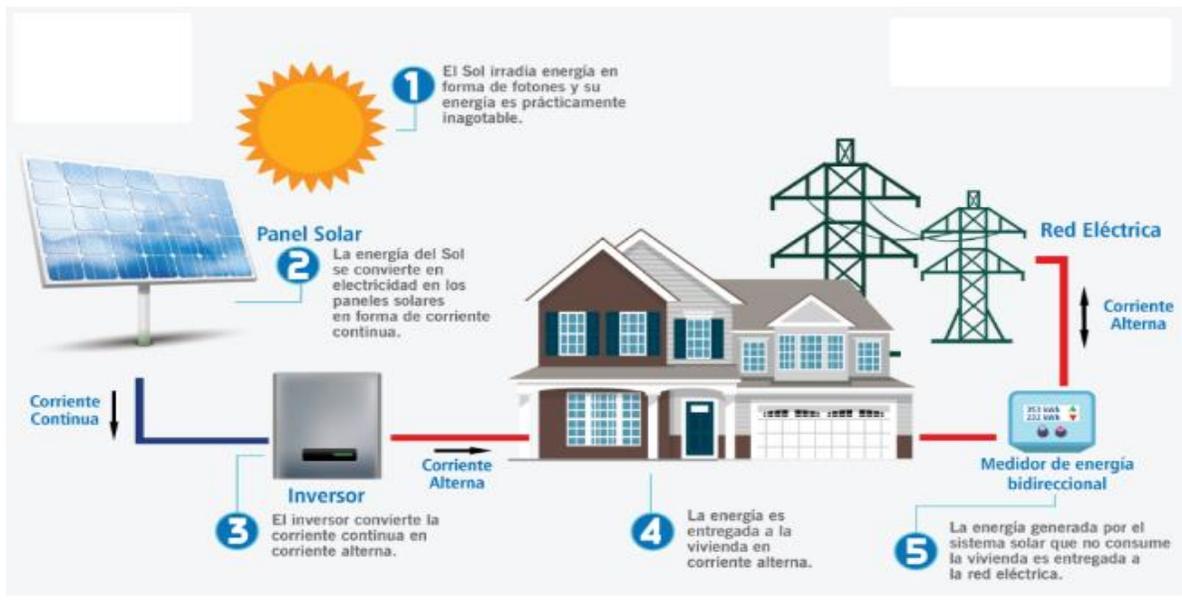


Figura 1 Sistema ON-GRID.

3. Capacidad del Sistema Instalado

El sistema instalado en el predio es un sistema solar fotovoltaico propiedad del ciudadano Cesar Cuadros CC 80177318 ubicado en la calle 20 # 121-281 condominio el retiro Cali-Pance, este ha sido diseñado con una capacidad de 5.0 Kwp para suplir parte de la energía eléctrica requerida en la residencia.

El sistema se compone de un arreglo de 10 paneles solares fotovoltaicos marca Yingli de 385W Solar y un inversor, de marca: Fronius y modelo: Primo 5.0, con capacidad de interconexión a red eléctrica. Adicionalmente cuenta con un sistema de monitoreo integrado.

En general el arreglo del sistema se compone de 10 Paneles conectados en dos grupos en serie de 5 paneles y 5 paneles, estos a su vez se conectan en paralelo en la caja de combinación de mppt del inversor, los paneles se conectan al inversor y este se conecta con el tablero eléctrico ubicado en el inmueble.

3.1 Información general del proyecto.

- 3.1.1 Nombre del Proyecto: Proyecto Solar fotovoltaico el retiro Cali - Pance
- 3.1.2 Tipo de Fuente: la fuente a utilizar para la alimentación del sistema es solar.
- 3.1.3 Recurso Energético: el recurso utilizado es el sol.
- 3.1.4 Tipo de Tecnología: se hará uso de tecnología fotovoltaica.
- 3.1.5 Datos del Propietario: Cesar Cuadros, calle 20 # 121-281 Cali –Pance/Telf. 3017695515
- 3.1.6 Cedula de Ciudadanía : 80.177.318/301
- 3.1.7 Potencia Instalada 5kw
- 3.1.8 Fecha de instalación: 08/09/2021.
- 3.1.9 Fecha de Entrada de operación: Se espera funcionamiento para el 15/12/2021.
- 3.1.10 Ubicación : Latitud 3.3449913, Longitud -76.5692384

3.2 Datos del constructor.

- 3.2.1 Rolando Arcila CC 10.003.956
- 3.2.2 Contacto : 3166273083
- 3.2.3 Dirección : Cr 18# 10-04 Apto 008
- 3.2.4 Matricula Profesional .se adjunta formato PDF.

3.3 Información Adicional.

- 3.3.1 El tipo de servicio a utilizar es trifilar.

3.4 Información de la tecnología de generación de energía.

3.4.1 Planta de Generación.

- 3.4.1.1 Voltaje de conexión 220 v
- 3.4.1.2 Capacidad Instalada 5kw

3.4.2 Información Solar Fotovoltaica

- 3.4.2.1 Cantidad de paneles: En el predio se encuentran diez paneles solares.
- 3.4.2.2 Los paneles instalados tienen una potencia de 385 w
- 3.4.2.3 Los paneles instalados se encuentran conectados en dos series (2) de cinco (5).
- 3.4.2.4 Posee instalado un inversor DC/AC marca Fronius 5kw.
- 3.4.2.5 Inversor Fronius Serie Primo
- 3.4.2.6 Cantidad de Inversores uno (1)

3.4.2.7 Número de fases de salida del inversor dos (2)

3.4.5 Otros

3.4.5.1 Elementos de Protección, Control y maniobra

Los inversores Fronius están preparados para las Redes Inteligentes del futuro. Diseñados y equipados perfectamente, los inversores cumplen con los requisitos técnicos de las redes del futuro, incorporando una serie de funciones inteligentes denominadas funciones avanzadas de red. Entre estas, se incluyen las funciones de control, para una óptima inyección de energía reactiva y efectiva. Estas funciones están diseñadas para permitir un funcionamiento estable de la red, incluso cuando la densidad del sistema fotovoltaico es muy alta y también para evitar interrupciones no deseadas que provocan pérdidas de rendimiento. Por lo tanto, los inversores Fronius ayudan a garantizar el rendimiento del sistema FV. Con los inversores Fronius se puede realizar además una regulación de alimentación dinámica teniendo en cuenta el autoconsumo cuando existen límites de alimentación. ¡Solo hay que conectar el contador y ajustar el límite. En la instalación solar se hace uso de elementos protección, control y maniobra como breakers diferencial 2*63 30mA, breakers 2*63A termo magnético, y breakers DC 2*16 A 6kA. A su vez el inversor internamente posee unos seccionadores en DC, y control de polaridad inversa En conformidad con IEC 62109-1. Ver figura 56 y 57

3.4.6 Sistema Anti-Isla:

El inversor instalado en el predio corresponde a un Fronius Primo 5.0Kw, el cual cumple con la norma UL 1741 "Norma para la seguridad: equipos de convertidores, convertidores, controladores y sistemas de interconexión para su uso con recursos de energía distribuida" y IEEE 1547 "Estándar para la interconexión de recursos distribuidos con sistemas de energía eléctrica". Los inversores están equipados con una protección de interfaz interna que incluye las siguientes funciones de disparo para voltaje anormal y frecuencia anormal (de acuerdo con IEEE 1547).

Esto significa que un inversor se desconecta automáticamente de la red en el tiempo indicado, si la frecuencia de la red o el voltaje de la red exceden los límites señalados anteriormente.

Después de una falla de red, el inversor se vuelve a conectar si la frecuencia de la red está entre 59,3 - 60,5 Hz y la tensión de la red está dentro del 88% - 106% de U_{Unn} durante al menos 5 minutos. Además, los inversores están equipados con una función anti-isla como se describe en IEEE 1547 ver figura 58, fuentes (www.fronius.com) Se anexa certificados de conformidad formato PDF.

3.5 Equipo de Medición.

3.5.1.1 No Certificado calibración y laboratorio que lo emite: No INC-360327-2021/INELCA

3.5.1.2 Serie del medidor: 75444120

3.5.1.3 Marca: Iskra

3.5.1.4 Tipo de Medidor: Trifásico Tetra filar (3F-4H)

3.5.1.5 Nro de Elementos: tres (3)

3.5.1.6 Clase (1)

3.5.1.7 Fecha de Fabricación: Año 2020

3.5.1.8 Corriente máxima: 5(120 A)

3.5.1.9 Tensión máxima: 3x120/208v

3.5.1.10 Múltiplo de la Medida: uno (1) .

3.5.1.11 Tipo de medidor: Bidireccional

3.5.1.12 Matriz horaria: Si

3.5.3 Modem

3.5.4.1 Marca:

3.5.4.2 Serie:

3.5.4.3 Teléfono o IP:

3.5.4.4 Imei:

3.6 Anexos

3.6.1 Carta remisoría: Se anexa en formato PDF.

3.6.2 Autorización del propietario (carta –contrato): Se anexa en formato PDF.

3.6.3 Autorización para el tratamiento de Datos: Se anexa en formato PDF.

3.6.4 Matricula Profesional: Se anexa en formato PDF.

4. Proyección de Energía Generada y consumida (KWH-MES).

4.1.1 Proyección de la energía generada por el sistema a entregar a la red OR por mes (kw-mes)

Ver Figura 54

4.1.2 Proyección de la energía generada por el sistema para consumo interno por mes (kw-mes)

Ver Figura 55

4.1.3 potencia disponible para entrega: Tomando en cuenta los estudios de generación y consumo que posee el predio y teniendo en cuenta futuros lapsos de tiempo sin registrar carga en el predio por distintos motivos se contara con una capacidad nominal de 5kw.

4.2 ANEXO GENERAL DEL FORMULARIO SIMPLIFICADO PARA SOLICITUD DE CONEXIÓN DE AUTOGENERADORES A PEQUEÑA ESCALA Y GENERADORES DISTRIBUIDOS CON POTENCIA INSTALADA MENOR O IGUAL A 0.1 MW

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

El proyecto se realiza en una edificación existente por lo cual el sistema eléctrico interno del inmueble no se modificó en ningún aspecto debido a que se realiza el acople del sistema fotovoltaico y la red en un tablero nuevo al cual llega la salida del contador, la salida de los micro inversores y la alimentación del tablero principal del edificio.

El inversor utilizado maneja un FP: 0.85 leading... 0.85 lagging y un THD <5%.

El dueño del inmueble proporciona el cuadro de cargas de la vivienda el cual se presenta a continuación:

b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

DESCRIPCION	CUADRO DE CARGAS CALI							
	ILUMINACION		TOMACORRIENTES		POTENCIA	CORRIENTE	PROTECCION	CONDUCTOR (AWG)
	CANTIDAD	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA	TOTAL (W)	(A)		
AIRES			3	1500	4500	37,5	1X40A	1F#12+1N#12+1T#12
NEVERA			1	1500	1500	12,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
LAVAVAGILLAS			1	1000	1000	8,33333333	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
HORNO			1	3000	3000	25	2X30A	2F#12+1N#12+1T#12
EXTRACTOR			1	500	500	4,16666667	1X16A	1F#12+1N#12+1T#12
MOTOR PISCINA			1	1500	1500	12,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
MOTOR PISCINA			1	1500	1500	12,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
MOTOR JACUZZI			1	1500	1500	12,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
MOTOR JACUZZI			1	1500	1500	12,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
ILUMINACION	42	18			756	6,3	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
ILUMINACION	23	22			506	4,21666667	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
ILUMINACION LED	10	4			40	0,33333333	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
ILUMINACION PATIO	3	18			54	0,45	1X16A	1F#12+1N#12+1T#12
TOMAS 1			10	180	1800	15	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
TOMAS 2			11	180	1980	16,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#21
TOMAS 3			10	180	1800	15	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
TOMAS 4			11	180	1980	16,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
TOMAS 5			9	180	1620	13,5	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
PEQ ARTEFACTOS			5	500	2500	20,83333333	1X20A	1F#12+1N#12+1T#12
TOTAL	78	62	67	14900	29536	67,4444	2X50	2F#4+1N#4+1T#4

Tabla 1 cuadro de cargas del inmueble.

En base a la NTC 4552 los equipos para los cuales se especifican los métodos de mitigación deben tener definido una categoría de sobre tensión; es decir, un nivel básico al impulso (BIL) de acuerdo con su ubicación en la instalación. La categoría de sobre tensión se presenta en la tabla 11. (Tensión al impulso que deban soportar los equipos).

El sistema cuenta con DPS adicionales, ubicados dentro del chasis del Inversor Fronius.

En base a la tabla 11 expuesta en la figura 2 la categoría de sobre tensión de los que se maneja en la instalación es la categoría I debido a que los equipos instalados son equipos electrónicos.

Nivel de tensión de operación de los equipos V	BIL requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, interruptores, cables, etc.	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Equipo electrónico
	IV	III	II	I
120 – 240 ; 120 / 208	4	2,5	1,5	0,8
254 / 440 ; 277 / 480	6	4	2,5	1,5

Figura 2 Categoría de sobretensión

c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Para el análisis de corto circuito se utilizará el programa que en base a los parámetros de la red nos calcula el valor de la corriente de cortocircuito. Como se muestra en la figura 3.

Calculo de corriente de corto circuito

Aporte de corriente de la red electrica

Tension Nominal:	0,22 kV
Icc:	1 kA sim
Sc:	0,22 MVA
Icc Asimetrica:	1,66 kA asim
Ra/Za:	0,491
Za:	0,220 Ω
Xa:	0,192 Ω
Ra:	0,108 Ω
Ra/Xa:	0,563
Factor K:	1,170 (IEC 60909)

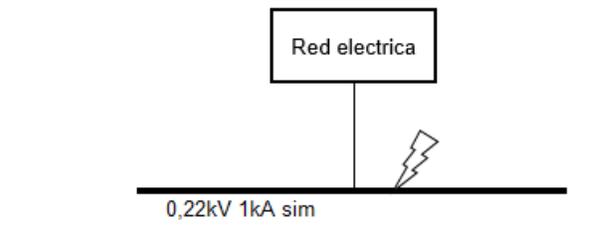


Figura 2 Cálculo de la corriente de cortocircuito.

d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

Para el análisis de nivel de riesgo por rayo se utiliza un programa de diseñado que en base a los parámetros de la estructura y la ubicación realiza el cálculo el cual define si es necesario o no el apantallamiento del sistema. Como se muestra en la figura 4.

Para el sistema instalado no es necesario el apantallamiento ya que los niveles de seguridad dan aceptable en todos los posibles riesgos.

LIGHTNING RISK ASSESSMENT CALCULATIONS	
Building / Installation :	<u>CALI</u>
Building ID No.	<u>CI 20 121-235 APTO 1</u>
LIGHTNING DENSITY	Ng= <input type="text" value="4"/>
STRUCTURE	
Length L(m)	L= <input type="text" value="24"/>
Width W(m)	W= <input type="text" value="8"/>
Height H(m)	Hi= <input type="text" value="7"/>
Chimney/Tower height (m)	T= <input type="text" value="0"/>
DANGER FOR PEOPLE	h= <input type="text" value="Low panic level(<=2 floors, < 100 persons)"/>
OCCUPATION OF THE STRUCTURE	Lf1= <input type="text" value="Structure normally occupied"/>
LIGHTNING CONDUCTOR	Pd= <input type="text" value="None"/>
Electrical Line	Ai= <input type="text" value="Underground"/>
RELATIVE LOCATION OF THE STRUCTURE	Cd= <input type="text" value="Structure surrounded by similar or lower objects"/>
FIRE RISK	rf= <input type="text" value="Low"/>
SERVICE	Lf2= <input type="text" value="No"/>
SURGE ARRESTOR	Pi= <input type="text" value="None"/>
RESULTS OF THE RISK ASSESSMENT	
Risk of human loss	R1= <input type="text" value="ACCEPTABLE"/>
Risk of loss of service	R2= <input type="text" value="ACCEPTABLE"/>
Risk of loss of cultural heritage	R3= <input type="text" value="ACCEPTABLE"/>
Notes:	

Figura 3 Cálculo del apantallamiento de la vivienda y del sistema.

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

Las tensiones de paso no se analizarán en esta sección debido a que estas solo se dan en subestaciones. Para el análisis de riesgos se hará uso de los literales de la tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos), la tabla 9.4 (decisiones y acciones para controlar el riesgo) y la tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) del RETIE. Como se muestra en la figura 5 y 6 respectivamente.

RIESGO A EVALUAR:	por		(al) o (en)							
	EVENTO O EFECTO (E: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (E: Arco eléctrico)		FUENTE (E: Caida de 13,8 kV)					
POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	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
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes, Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 4 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos).

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

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 5 tabla 9.4 (Decisiones y acciones para controlar el riesgo).

Se realizó el análisis para los equipos como lo son los paneles solares, tableros de distribución e inversores en base a los factores de riesgos más comunes como se muestran en las figuras 7 hasta la figura 30.



ARCOS ELÉCTRICOS

Posibles causas: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.

Medidas de protección: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.

Figura 6 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para arco eléctrico.

RIESGO A EVALUAR:	quemaduras				por		arco eléctrico		(al) o (en)		paneles solares		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE						
	(Ej: Quemaduras)				(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 KV)						
POTENCIAL		REAL		FRECUCIA									
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		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	ALTO	MUY ALTO		
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO		
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO		
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 7 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para arco eléctrico en paneles solares.

Figura 8 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para arco eléctrico en tableros de distribución.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por arco eléctrico (al) o (en) tablero de distribución									
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)							
	(E: Quemaduras)		(E: Arco eléctrico)							
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	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
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

05/feb/2021

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 9 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para arco eléctrico en el inversor.

Figura 10 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para contacto directo en partes energizadas.

RIESGO A EVALUAR:	Quemaduras por Arco Eléctrico (al o en) Paneles Solares					FUEENTE				
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)			FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)						
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	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
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 11 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para Para contacto directo en partes energizadas en paneles solares.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por contacto directo (al) o (en) tablero de distribución									
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
	(E: Quemaduras)		(E: Arco eléctrico)		(E: Celda de 13,8 kV)					
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	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
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Indefinida funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 12 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para Para contacto directo en partes energizadas tableros de distribución.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por contacto directo (al) o (en) inversor									
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
	(E: Quemaduras)		(E: Arco eléctrico)		(E: Celda de 13,8 kV)					
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	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
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Indefinida funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 13 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto directo en partes energizadas en el inversor.

(6) 335 9308

Cra. 13 # 8 - 68 Local 1A Av. Circunvalar
Pereira Risaralda.

www.ecosistemassoltec.com



CONTACTO INDIRECTO

Posibles causas: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

Medidas de protección: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas efectivos de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.

Figura 14 tabla 9.9 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para contacto indirecto.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por contacto indirecto (al) o (en) paneles solares									
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)			FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 KV)				
	POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>			REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	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
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molesta funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

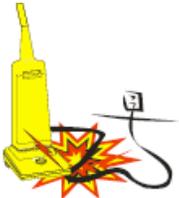
Figura 15 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto indirecto en paneles solares.

Figura 16 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto indirecto en tableros de distribución.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por contacto indirecto (al) o (en) inversor									
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
	(E: Quemaduras)		(E: Arco eléctrico)		(E: Celda de 13,8 kV)					
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
C O N S E C U E N C I A S	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
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 17 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para contacto indirecto en el inversor.



CORTOCIRCUITO

Posibles causas: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.

Medidas de protección: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

Figura 18 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para corto circuito.

Para la prevención de este tipo de riesgo el sistema contiene las debidas protecciones en el lado AC y DC las cuales han sido calculadas y diseñadas teniendo en cuenta las corrientes de operación del sistema, así, cuando se encuentre una anomalía se pueda disparar para proteger la vida de las personas y de los equipos.

Para este sistema las protecciones usadas para el lado DC son de 20A y se colocan en el conductor positivo como en el negativo. (Estas protecciones son protecciones de funcionamiento DC). Para el lado AC se instala un tablero nuevo el cual contiene la protección del inversor (40A) de la RED (63A) y del tablero principal de la vivienda (63A), para su correcto funcionamiento se instala un peine para realizar su interconexión.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por		corto circuito		(al) o (en)		paneles solares			
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE			
	(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)				(Ej: Celda de 13,8 kV)			
POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA						
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		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 (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molesta funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 19 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para corto circuito en paneles solares.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por		corto circuito		(al) o (en) tablero de distribución					
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
	(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)					
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
C O N S E C U E N C I A S	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
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 20 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para corto circuito en tableros de distribución.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por		corto circuito		(al) o (en) inversor				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE				
	(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)				
POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA					
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		E	D	C	B	A	
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Dano grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Danos importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

Figura 21 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para corto circuito en el inversor.

EQUIPO DEFECTUOSO	
	<p>Posibles causas: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>Medidas de protección: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>

Figura 22 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para equipo defectuoso.

Figura 23 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para equipo defectuoso en paneles solares.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por equipos defectuosos (al) o (en) tablero de distribución			EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE		
				(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)		
	POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>			REAL <input type="checkbox"/>		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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Figura 24 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para equipo defectuoso en tableros de distribución.

RIESGO A EVALUAR:	electrocución o quemaduras por equipos defectuosos (al) o (en) inversor			EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE		
				(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)		
	POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>			REAL <input type="checkbox"/>		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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

Figura 25 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para equipo defectuoso en el inversor.



SOBRECARGA

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.

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.

Figura 26 tabla 9.5 (Riesgos y factores de riesgos eléctrico más comunes) Para sobrecarga.

RIESGO A EVALUAR:	incendio				por		sobrecarga		(al) o (en)		paneles solares				
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE								
	(Ej: Quemaduras)				(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)								
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>		REAL		<input type="checkbox"/>		FRECUENCIA							
C O N S E U E N C I A S	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					
	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)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO					
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO					

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

Figura 27 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para sobrecarga en paneles solares.

RIESGO A EVALUAR:	incendio			por		sobrecarga		(al o (en)		tablero de distribución		
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE						
	(Ej: Quemaduras)			(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 KV)						
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>		REAL		<input type="checkbox"/>		FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	5	E	D	C	B	A		
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional		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		
					4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO		
					3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
					2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO		
					1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

Figura 28 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para sobrecarga en tableros de distribución.

RIESGO A EVALUAR:	incendio			por		sobrecarga		(al o (en)		inversor		
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE						
	(Ej: Quemaduras)			(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 KV)						
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>		REAL		<input type="checkbox"/>		FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	5	E	D	C	B	A		
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional		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		
					4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO		
					3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
					2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO		
					1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		

Evaluador : Ing Rolando Arcila MP: RS20535586 Fecha : 08/11/2011

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

Figura 29 tabla 9.3 (Matriz para análisis de riesgos). Para sobrecarga en el inversor.

f. Análisis del nivel tensión requerido.

La tensión máxima de entrada en el inversor a la entrada es de 200.1 Vdc por string y la salida es de 220 V AC.

g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.

Debido a que la instalación no supera los 1000 A no es necesario el cálculo de campos electromagnéticos según el literal 14.2 CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS del RETIE.

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

Debido a que el sistema fotovoltaico instalado trabaja a una tensión de salida de 220 V no necesita la instalación de un transformador.

i. Sistema de puesta a tierra del inmueble.

Debido a que el sistema eléctrico es existente se decide corroborar que los calibres usados para el sistema de puesta a tierra del sistema (SPT) de la vivienda y de los equipos nuevos se escojan en base a la corriente que va a manejar. Para escoger los calibres se usa la tabla 250-95 (calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos) de la NTC 2050. Y en base a esta el sistema de la vivienda maneja una corriente cercana a los 40 A por lo cual se escoge un conductor de puesta a tierra calibre #8 y para los equipos sé que manejan una corriente cercana a los 40A escoge un conductor de puesta a tierra calibre #8. La tabla 250-95 se muestra en la figura 31.

Tabla 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

* Véanse limitaciones a la instalación en el Artículo 250-92.a).

Figura 30 Tabla 250-95 de la NTC 2050

- j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía (cuando la conexión implica cambio del conductor principal o acometida, por ejemplo, por incremento del nivel de cortocircuito que supere la capacidad de los equipos de corte o interrupción).**

No aplica debido a que en la sección 10.7 (PERDIDAS TÉCNICAS ACEPTADAS) del RETIE se establece que toda instalación menor a 15kva no necesita realizar cálculo de conductor económico. Y el sistema instalado es de 5.0kva.

- k. Verificación 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, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.**

El análisis de corto circuito se utiliza un programa de diseñado que en base a los parámetros del conductor utilizado aplica la fórmula de corriente de cortocircuito, obteniendo de esta manera que la máxima corriente es de 0.94KA. Como se muestra en la figura 32.

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito		
Calibre del Cable:	10	
Área:	10380	CMIL
Frecuencia:	60	Hz
Duración del Corto C:	12	Ciclos
	0,20	Seg
Temp. De Operación:	60	°C
Temp. Max Corto C:	100	°C
Corriente de CC:	0,94	kA

Formula Aplicada

$$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$$

Donde:

I_{cc}: Corriente de Corto Circuito
A: Área del Conductor en MCM
t: Tiempo de Corto Circuito en seg.
T1: Temperatura de operación del cable
T2: Temperatura Max. De Corto Circuito

Fuente: [Okonite](#)

Figura 31 Cálculo de la corriente de cortocircuito.

I. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

Para el cálculo mecánico de las estructuras se procede a realizar su simulación solidworks. Ver figura

Ver figura 45

Figura 32 Cálculo mecánico de la estructura

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

Para la protección del lado DC se utilizan protecciones marca Feed de 20 A, para la salida AC de los inversores se utilizan protecciones de riel de 63 A de la marca Schneider y adicional una protección diferencial para la residencia marcha Steck de 63 A la cual presenta la curva de acción mostrada en la figura 34, para el tablero y medidor se emplearon protecciones de 2x63 A para cada uno.

Debido a que para el sistema no se necesita aplicar ningún tipo de selectividad no es necesario realizar la coordinación de protecciones.

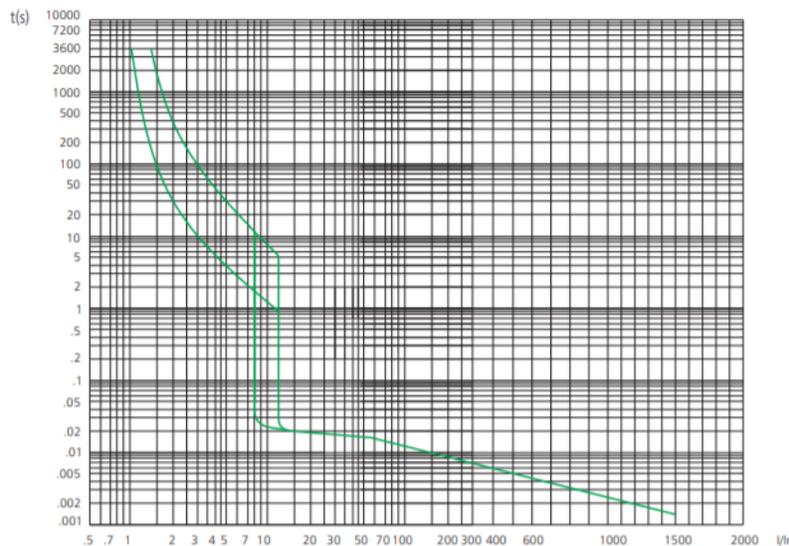


Figura 33 Curva de trabajo del breackers steck de 63 A.

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.). Lo anterior cuando la conexión implica

cambio del conductor principal o acometida, por ejemplo, por incremento del nivel de cortocircuito que supere la capacidad de los equipos de corte o interrupción.

Para el cálculo de la capacidad de canalización es se procede a realizar un programa propio en el cual con base a los datos de los fabricantes de tubería y conductores se realizan los cálculos como se muestran en la tabla 2.

CONDUCTOR			ÁREA TOTAL	TUBERIAS			TIPO DE SISTEMA
CANTIDAD	CALIBRE AWG	ÁREA (mm ²)		DUCTO (")	ÁREA (mm ²) 40(%)	CANTIDAD	
5	12	24,630	123,1504	1	289,436	1	SOLAR
3	6	32,877	98,63242	1	289,436	1	ACOMETIDA

Tabla 1 Cálculo de la capacidad de la tubería.

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

Para el cálculo de las pérdidas se utiliza un programa propio en el cual se calcula las pérdidas por efecto joule y después se calcula las pérdidas de energía en base al tiempo de uso. Como se muestra en la figura 35.

Para realizar los cálculos se utilizan las tablas 310-16 (capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000V nominales y 60°C a 90°C. no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30°C.) del RETIE y la tabla 20.2 (requisitos para cable de cobre suave) de la NTC 2050.

La tabla 310-16 se muestra en la figura 36 y la tabla 20.2 en la figura 37.

Perdidas por efecto Joule

$$P = I^2 * R$$

P= Perdidas de potencia

I= Capacidad de la corriente nominal en función del (ampacity) en amperios

R=Resistencia eléctrica del conductor en ohmios/km

Perdidas de energía

$$E = I^2 * R * \Delta t$$

Δt = Intervalo de tiempo de circulación de la corriente I_{Max} [h]

Conductor Utilizado

Calibre 6 AWG

				Con base en:
Perdidas por Efecto Joule	$P = I^2 * R$	$I = 60$ $R = 5.35$	$P = 8560 W$	Tabla 310.16 RETIE Tabla 20-2 NTC 2050
Perdidas de Energía	$E = I^2 * R * \Delta t$	$I = 60$ $R = 5.35$ $\Delta t = 4$	$E = 34240$	Tabla 310-16 RETIE Tabla 20-2 NTC 2050

Figura 34 Cálculo de las pérdidas de energía.

Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30 °C.

Sección transv. mm ²	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre AWG o kcmils
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS.SA.SS.FEP*, FEPB*,MI,RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS.SA.SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

Figura 35 Tabla 310-16 del RETIE.

Calibre		Área Nominal (mm ²)	R _{Ncc} 20 °C (Ω/km)	Calibre		Área Nominal (mm ²)	R _{Ncc} 20 °C (Ω/km)
kcmil	AWG			kcmil	AWG		
1 000		506,71	0,0348	66,36	2	33,63	0,522
900		456,04	0,0387	52,62	3	26,66	0,660
800		405,37	0,0433	41,74	4	21,15	0,830
750		380,03	0,0462	33,09	5	16,77	1,05
700		354,70	0,0495	26,24	6	13,30	1,32
600		304,03	0,0581	20,82	7	10,55	1,67
500		253,35	0,0695	16,51	8	8,37	2,10
400		202,68	0,0866	13,09	9	6,63	2,65
350		177,35	0,0991	10,38	10	5,26	3,35
300		152,01	0,116	6,53	12	3,31	5,35
250		126,68	0,139	4,11	14	2,08	8,46
211,6	4/0	107,22	0,164	2,58	16	1,31	13,4
167,8	3/0	85,03	0,207	1,62	18	0,82	21,4
133,1	2/0	67,44	0,261	1,02	20	0,52	33,8
105,6	1/0	53,51	0,328	0,64	22	0,32	53,8
83,69	1	42,41	0,417	0,404	24	0,20	85,6

Tabla 20.2 Requisitos para cables de cobre suave.
Cableado Clases A, B, C y D

Figura 36 Tabla 20.2 de la NTC 2050.

p. Cálculos de regulación.

Para los cálculos de regulación AC se utiliza la interfaz del fabricante Procables de la cual nos da cálculo y el valor de la regulación y se muestra en la figura 38. Para el cálculo de la regulación en el lado DC se utiliza un programa el cual en base a los parámetros del sistema y del conductor usado calcula la regulación. El resultado de la regulación en el lado DC se muestra en la figura 39.

Programa para Cálculo de Caída de Tensión (CT%)

Cálculo de caída de tensión en circuitos monofásicos o trifásicos, con conductores de cobre o aluminio, en conduit de PVC, aluminio o acero.

Los cálculos están basados en temperatura del conductor de 75° C y frecuencia de 60 Hz

Ingrese la información correspondiente:

Material del conductor	Cobre
Calibre AWG	8
Sistema	Monofasico
Factor de potencia	0.85
Material del ducto	PVC
Corriente (A)	22.66
Distancia* (m)	2
Tensión (V)	297
CT : 0.2 %	
<input type="button" value="Limpiar"/>	<input type="button" value="Calcular CT"/>

Figura 37 Cálculo de la regulación del sistema en el lado AC en la interfaz de procables.

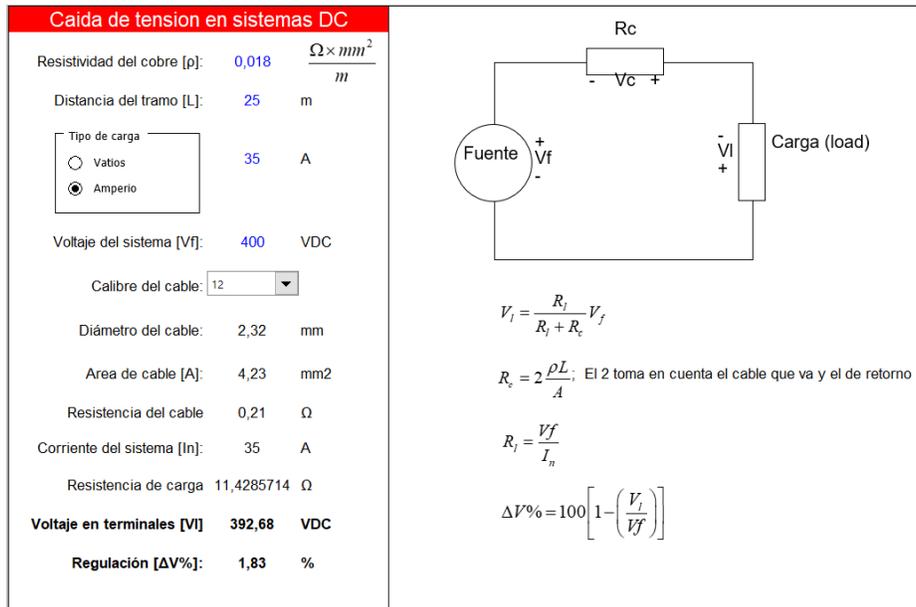


Figura 38 Cálculo de la regulación del sistema en el lado DC.

q. Clasificación de áreas.

Según la clasificación de áreas del numeral 28.3.1 instalaciones eléctricas en lugares clasificados como peligrosos del RETIE. La instalación no está en un lugar de alta peligrosidad por lo cual no es necesario clasificarla.

r. Presentación de diagramas

El diagrama unifilar del sistema se muestra en la figura 40.

**Generadores
Fotovoltaico**

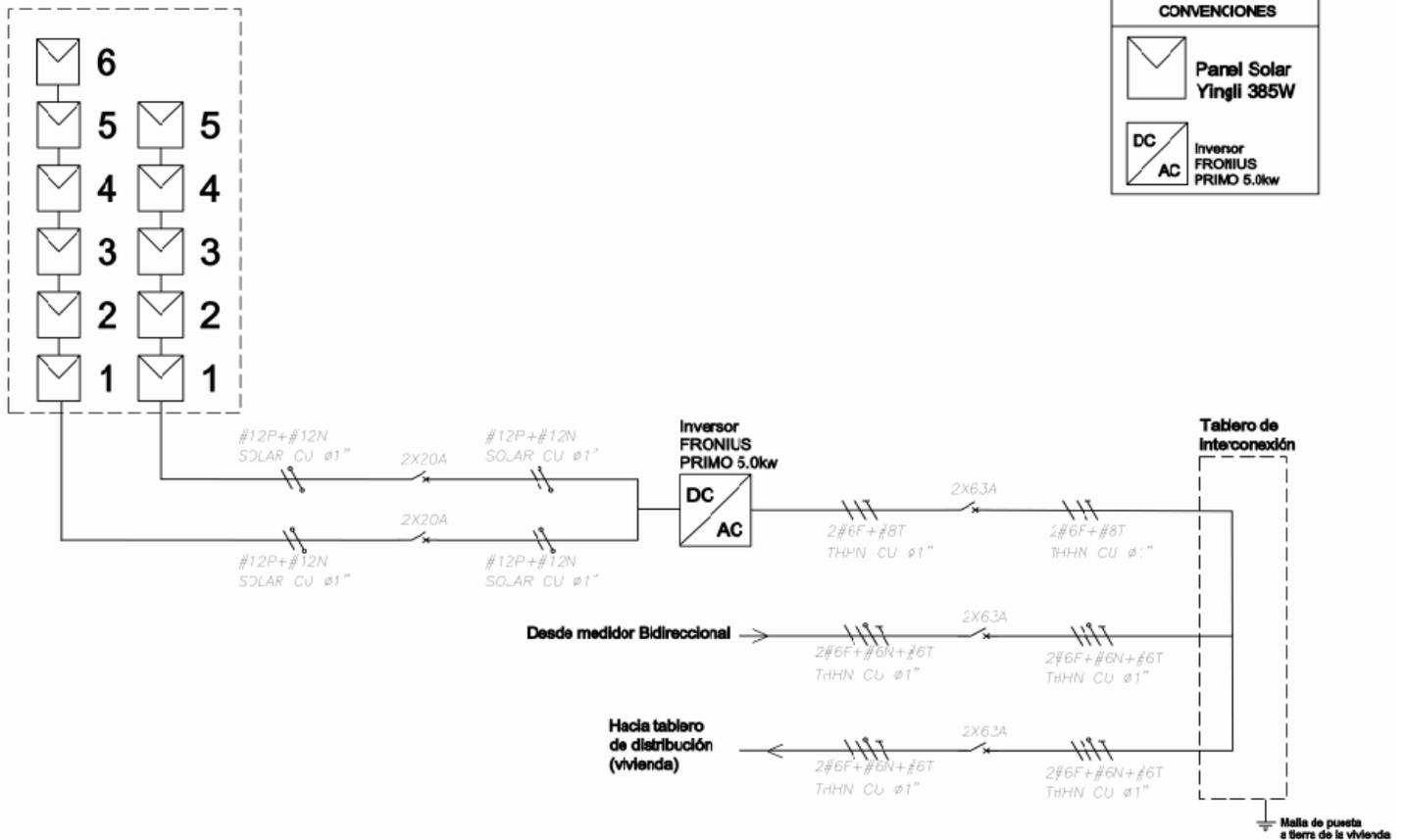


Figura 39 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.

NOTA:

Se adjunta el diagrama unifilar en formato PDF.

s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

En la figura 41 se observa la ubicación de los equipos nuevos y existentes en el cuarto eléctrico con sus respectivas medidas.

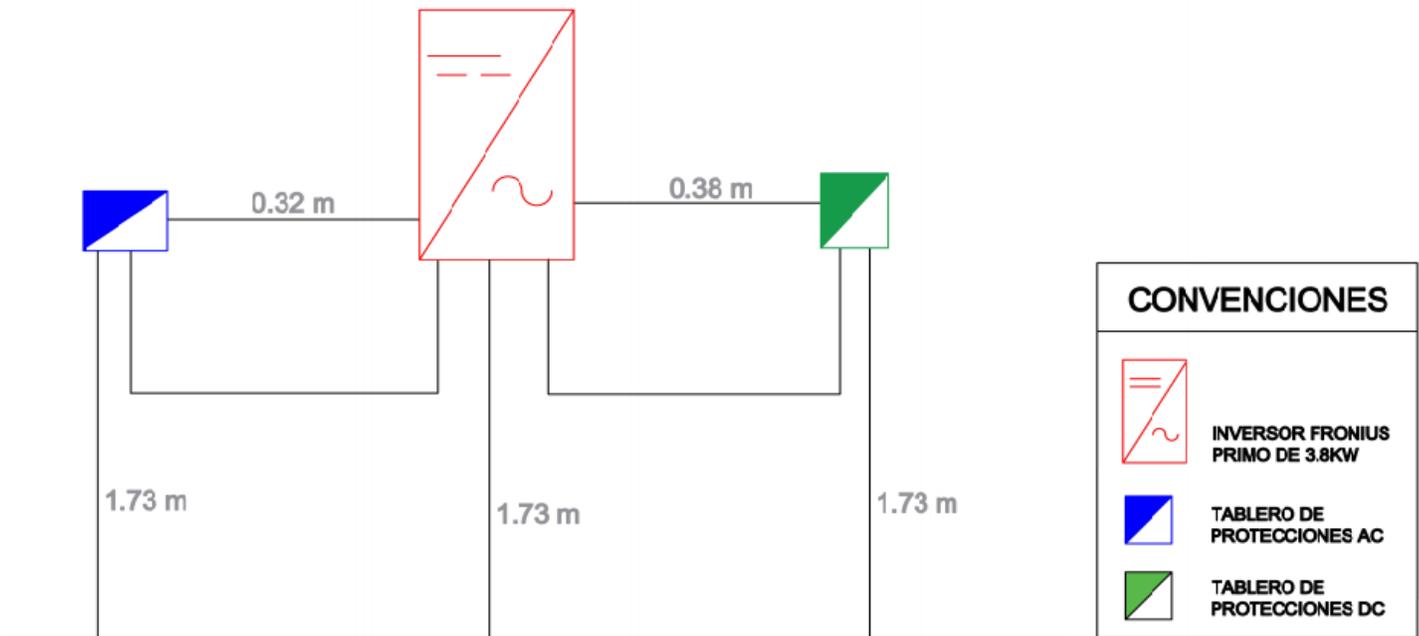


Figura 40 Ubicación de equipos.

NOTA:

Se adjunta esquemático en formato PDF.

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

Las fichas técnicas de los equipos instalados se adjunta documento formato PDF.

- u. Distancias de seguridad requerida.**

Debido a que el sistema no se encuentra debajo de redes de transmisión o de servidumbre de estas no es necesario la implementación de distancias de seguridad con respecto a redes.

Se trabajará con el artículo 13.4 (DISTANCIAS MÍNIMAS PARA TRABAJOS EN O CERCA DE PARTES ENERGIZADAS) del RETIE en el numeral j. (Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos energizados de las Tablas 13.7 o 13.8 y la Figura 13.4 según corresponda, las cuales son adaptadas de la NFPA 70 e IEEE 1584. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y son básicas para la seguridad eléctrica).

En la figura 42 se observa la tabla 13.7 (Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna.).

Tensión nominal del sistema (fase – fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
50 V – 300 V	3,0	1,0	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,0	1,0	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,0	1,5	0,7	0,2
15,1 kV – 36 kV	3,0	1,8	0,8	0,3
36,1 kV – 46 kV	3,0	2,5	0,8	0,4
46,1 kV – 72,5 kV	3,0	2,5	1,0	0,7
72,6 kV – 121 kV	3,3	2,5	1,0	0,8
138 kV - 145 kV	3,4	3,0	1,2	1,0
161 kV - 169 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV - 242 kV	4,0	4,0	1,7	1,6
345 kV - 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV – 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Tabla 13.7. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna

Figura 41 tabla 13.7 Distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas con CA.

En la figura 43 se observa la tabla 13.8 (Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente continua).

Tensión nominal	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
100 V – 300 V	3,0 m	1,0 m	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 1 kV	3,0 m	1,0 m	0,3 m	25 mm
1,1 kV – 5 kV	3,0 m	1,5 m	0,5 m	0,1 m
5,1 kV – 15 kV	3,0 m	1,5 m	0,7 m	0,2 m
15,1 kV – 45 kV	3,0 m	2,5 m	0,8 m	0,4 m
45,1 kV – 75 kV	3,0 m	2,5 m	1,0 m	0,7 m
75,1 kV – 150 kV	3,3 m	3,0 m	1,2 m	1,0 m
150,1 kV – 250 kV	3,6 m	3,6 m	1,6 m	1,5 m
250,1 kV – 500 kV	6,0 m	6,0 m	3,5 m	3,3 m
500,1 kV – 800 kV	8,0 m	8,0 m	5,0 m	5,0 m

Tabla 13.8. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente continua.

Figura 42 tabla 13.8 distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas con DC.

En la figura 44 se observa la figura 13.4 que corresponde a los límites de aproximación.

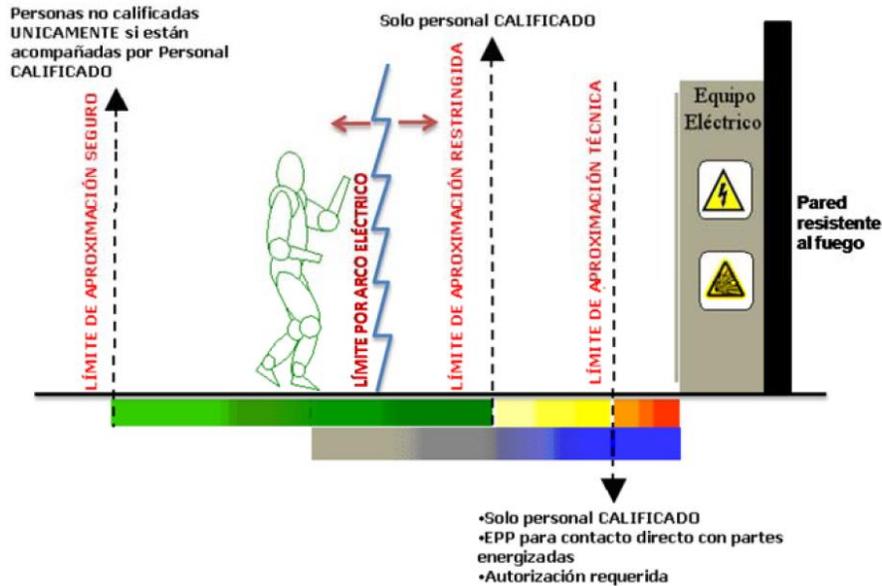


Figura 13.4. Límites de aproximación
Figura 43 límites de aproximación.

v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

En el sistema instalado no se presenta desviación de la NTC 2050.

w. Cálculos mecánicos

Para el estudio de cargas mecánicas de las estructuras se procede a realizar su simulación en solidworks. Ver figura 45

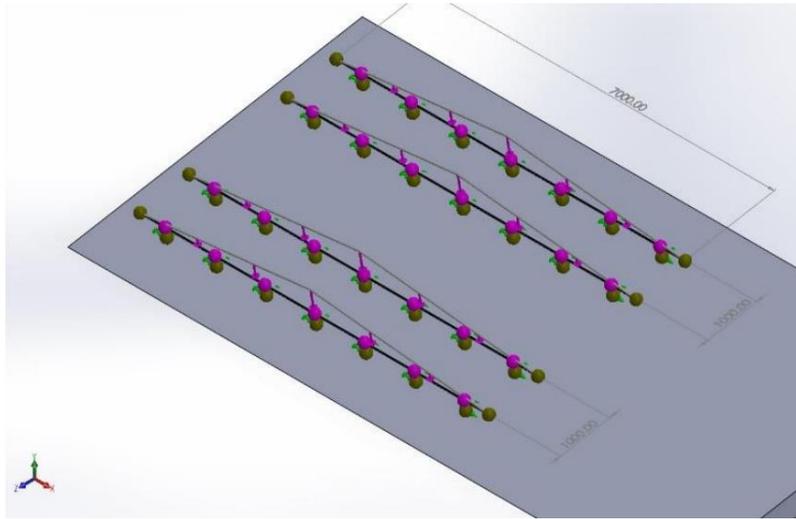


Figura 44 estudio mecánico y conclusiones.

Descripción:

El siguiente es un estudio de cargas mecánicas realizado a las diferentes estructuras implementadas para el montaje de un sistema de energía solar fotovoltaica en Pereira, Risaralda.

Este análisis busca determinar mediante simulaciones de cargas estáticas utilizando el software Solidworks, el comportamiento de las estructuras diseñadas e implementadas para su correcta y segura instalación y operación.

Se consideran cargas estáticas sobre los elementos horizontales de las estructuras de 5.000 N por estructura.

Debido a que las condiciones térmicas no se consideran extremas para los materiales empleados y no se encuentran cargas acústicas o vibraciones significativas, estas características no son analizadas en este estudio.

Al final del estudio se presentan resultados de deformación (mm) y esfuerzos a los que son sometidos los materiales (N/m²) de acuerdo al material empleado.

x. Cálculos fotovoltaicos:

Cables fotovoltaicos

Calibre	Diámetro exterior	Clase de cableado	Peso	Radio mínimo de curvatura	Resistencia máxima del conductor	Capacidad de corriente (*)
mm ²	mm		kg/km	mm	Ω/km	A
4	7,23	Flexible Clase 5	72	29	4,95	45
6	8,31	Flexible Clase 5	99	33	3,30	58
10	9,26	Flexible Clase 5	143	37	1,91	83
16	10,38	Flexible Clase 5	201	201	1,21	117

(*) Capacidad de corriente permisible para conductores sencillos aislados para 0 a 2000V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30°C. (NTC 2050, Tabla 310-17)

Figura 46 Tabla 13.9 capacidad de corriente conductores fotovoltaicos.

Comparación de pérdidas de energía de los Cables para Paneles Solares entre calibres equivalentes AWG y mm² para la misma corriente transportada

Si se utilizan cables con calibres en AWG a cambio de mm², se incurre en una gran pérdida de eficiencia por cuanto la resistencia de los conductores equivalentes AWG con mm² son mayores en promedio en un 13%, es decir usando calibres en AWG "equivalentes" se incurre en pérdidas por efecto "Joule" del orden de 13% más que usando calibres en mm².

Proyección de pérdidas [AWG Vs. mm ²]					
Calibre	Resistencia DC a 20°C	Calibre	Resistencia DC a 20°C	Corriente a transportar	Comparación porcentual de pérdidas por efecto Joule R ² , para la misma corriente DC
AWG	Ωhm/km	mm ²	Ωhm/km	A	AWG / mm ²
14	8.88	2.5	7.98	35	100% / 86%
12	5.58	4	4.95	40	100% / 84%
10	3.51	6	3.3	55	100% / 91%
8	2.23	10	1.91	80	100% / 80%
6	1.4	16	1.21	105	100% / 81%

Es evidente que los cables en mm², tienen una mejor eficiencia en cuanto a pérdidas (16% menos en promedio) que los equivalentes en AWG, por cuanto la resistencia a la corriente es sustancialmente mayor para estos últimos.

Figura 47 Tabla 14 Comparación de pérdidas de energía entre cable awg y fotovoltaicos

Tabla 690.31 (A) Factores de corrección

Temperatura nominal de conductor				
Temperatura ambiente (°C)	60 °C	75 °C	90 °C	105 °C
30	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,97
36-40	0,82	0,88	0,91	0,93
41-45	0,71	0,82	0,87	0,89
46-50	0,58	0,75	0,82	0,86
51-55	0,41	0,67	0,76	0,82
56-60	-	0,58	0,71	0,77
61-70	-	0,33	0,58	0,68
71-80	-	-	0,41	0,58

Figura 48 Tabla 14.1 factores de corrección por temperatura de conductores fotovoltaicos

(6) 335 9308

Cra. 13 # 8 - 68 Local 1A Av. Circunvalar
Pereira Risaralda.

www.ecosistemassoltec.com

ECO *Sistemas*
Soluciones tecnológicas S.A.S.

DATOS DE ENTRADA

Número de MPPT	2
Potencia FV recomendada (kWp)	4,0 - 7,8 kWp
Máxima corriente de entrada utilizable	18,0 / 18,0 A
Arreglo máximo de corriente de corto circuito	27 / 27 A
Voltaje nominal de entrada	420 V
Tensión de arranque de CD	80 V

Fuente: Fronius.com

Fig: 49 Datos entrada del Inversor Fronius 5 kw

DATOS DE SALIDA

Potencia máxima de salida a 240 V	5000 VA
Potencia máxima de salida a 208 V	5000 VA
Rango de frecuencia	45 - 66 Hz
Frecuencia nominal de operación	60 Hz
Distorsión armónica total	< 5 %
Máxima corriente de salida continua a 240 V	20,8 A
Máxima corriente de salida continua a 208 V	24,0 A
Capacidad del interruptor de OCPD/AC 208 V	30 A
Eficiencia Máxima	96,9 %
Eficiencia CEC a 240 V	95,5 %
Eficiencia CEC a 208 V	95,5 %

Fuente: Fronius.com

Figura 50 Datos de salida de inversor Fronius 5kw

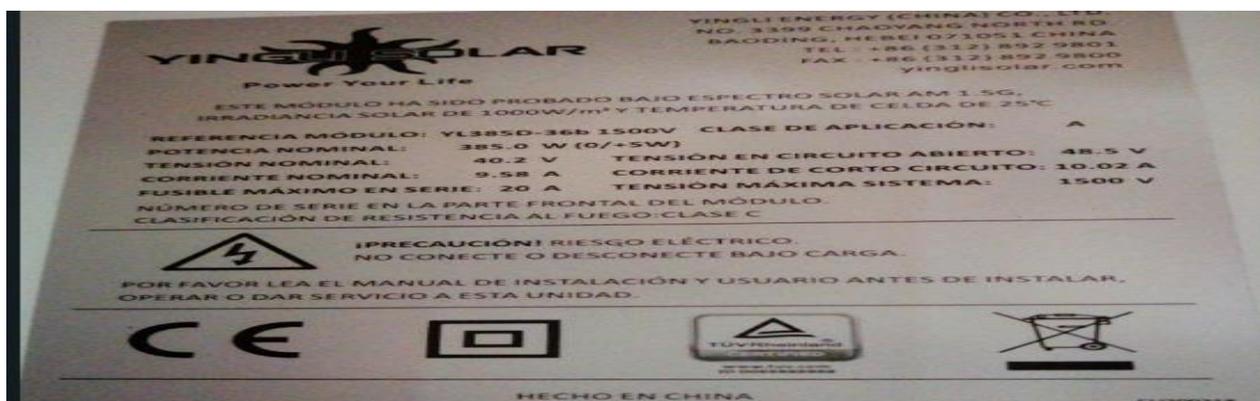


Figura 51 Ficha técnica panel Yingli solar 385w

y. Tensión máxima de la instalación en CC :

La instalación solar fotovoltaica se compone de dos strings de cinco paneles cada uno el cual para el análisis de la tensión máxima del sistema se utiliza la siguiente formula:

$$CmFV * Vmp (5 * 40.2) = 201V$$

z. Corriente máxima del circuito:

Para el cálculo de la máxima corriente del sistema se utilizó la siguiente formula haciendo uso del factor de corrección al 156%.

$$Isc * Fc (10.02 A * 1.56) = 16.0A$$

aa. Máxima corriente de entrada del inversor :

Ver Figura # 3 .41

$$Max I E = 18 A$$

bb. Máxima Corriente salida del inversor :

Ver figura 3.42

$$Max I S = 20.8 A$$

cc. Protecciones por sobre corriente :

Para el cálculo de las protecciones en este sistema fotovoltaico se realiza la suma de corriente de los módulos fotovoltaicos instalados multiplicados por el factor de corrección al 156%.

$$Isc * Fc (10.02 A * 1.56) = 16.0A$$

dd. Capacidad de corrientes de los conductores:

En la instalación se utilizó cable solar fotovoltaico calibre 4 mm y Para el cálculo de la capacidad de corriente de los conductores se utilizó la siguiente formula haciendo uso del factor de corrección al 125%

$$Isc * Fc (10.2 A * 1.25) = 12.8 A$$

Ver Tabla 13.9

Abreviatura	Descripción
CmFV	Cantidad de módulos fotovoltaicos
Fc	Factor de Corrección
Max I E	Máxima Corriente de Entrada
Max I S	Máxima Corriente de Salida

Fig 52 Tabla 14.2 leyenda cálculos fotovoltaicos

ee. Cálculos de sistema de puesta tierra para el sistema fotovoltaico.

Para el análisis de corto circuito se utiliza un programa que, en base a los parámetros del sistema, calcula el valor de la resistividad de una varilla cobre, Como se muestra en la figura 53.

Electrodos Verticales	
Resistividad del suelo:	37,6 [Ωm]
Longitud del electrodo:	2,4 [m]
Radio del electrodo:	0,016 [m]
Separación (D):	0 [m]
Resistencia Total*:	13,46 [Ω]

Arreglo

- Electrodo Simple
- 2 Electrodos en línea
- 3 Electrodos en línea
- 3 Electrodos en Triangulo

Fig 53 Cálculo de Resistividad.

Calculo de Energía Generada					
mes	radiacion	potencia de panel	cantidad de paneles	# dias	Kwh/m
1	4,4	385	12	31	630,168
2	4,3	385	12	28	556,248
3	4,3	385	12	31	615,846
4	4,2	385	12	30	582,12
5	4,1	385	12	31	587,202
6	4,3	385	12	30	595,98
7	4,7	385	12	30	651,42
8	4,7	385	12	31	673,134
9	4,7	385	12	30	651,42
10	4,3	385	12	31	615,846
11	4	385	12	30	554,4
12	4	385	12	31	572,88

Fig 54 Tabla de Cálculo de Energía Generada.

Calculo de Energía Consumida				
mes	cosumo	horas de generación	horas dia	Kwh/m
1	1580	8	24	526,7
2	1230	8	24	410,0
3	1350	8	24	450,0
4	1487	8	24	495,7
5	1450	8	24	483,3
6	1560	8	24	520,0
7	1650	8	24	550,0
8	1743	8	24	581,0
9	1876	8	24	625,3
10	1680	8	24	560,0
11	1204	8	24	401,3
12	1404	8	24	468,0

Fig 55 Tabla de Cálculo de Energía Consumida.

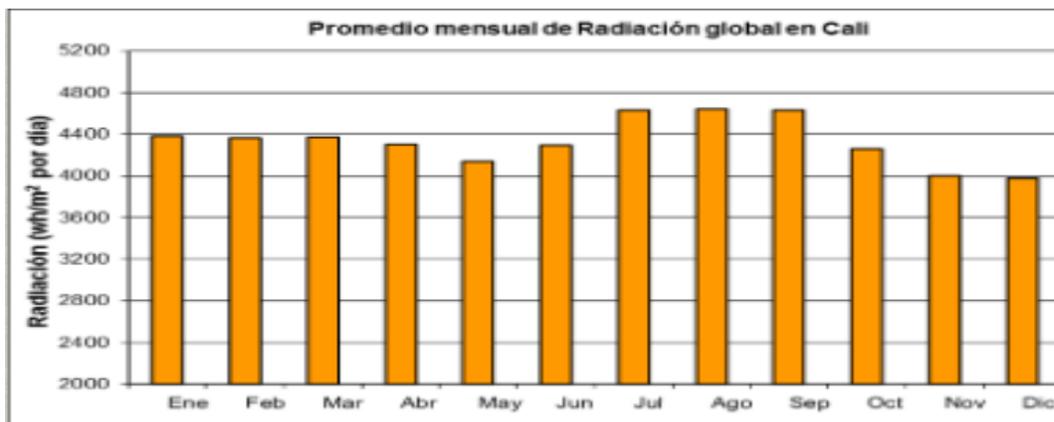


Fig 55.1 Tabla promedio mensual de Radiación en Cali.

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD

Medición del aislamiento CC	Sí
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia
Seccionador CC	Sí
DC Protección contra polaridad inversa	Si

Fig 56 Elementos de Protección control y maniobra.

Función	Valor de umbral	Tiempo desconexión [s]
Protección de sobrevoltaje >>	120 % of U_n	0.16 s
Protección de sobrevoltaje >	110 % of U_n	1.00 s
Protección contra subtensión <	88 % of U_n	2.00 s
Protección contra baja tensión <<	50 % of U_n	0.16 s
Protección contra sobre frecuencia	60.5 Hz	0.16 s
Protección contra baja frecuencia	59.3 Hz	0.16 s

Fig 57 Protecciones adicionales del sistema del inversor.

Certificaciones y conformidad con los estándares	UL 1741-2010 Second Edition (incl. UL1741 Supplement SA 2016-09 for California Rule 21 and Hawaiian Electric Code Rule 14H), UL1998 (para funciones: AFCI, monitorización de corriente de falta y monitorización de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547a-2014, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B, NEC 2017 Artículo 690, C22. 2 N.º 107.1-16, UL1699B Issue 2 -2013, CSA TIL M-07 Issue 1 -2013
---	--

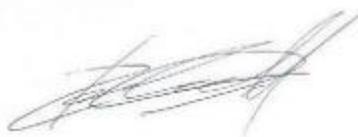
Fig 58 Estándares para Protección del Sistema Anti-Isla.

(6) 335 9308

Cra. 13 # 8 - 68 Local 1A Av. Circunvalar
Pereira Risaralda.

www.ecosistemassoltec.com

**ECO** *Sistemas*
Soluciones tecnológicas S.A.S.



Firma

Nombre: Rolando Arcila
Dirección: Cra 18 # 10 -04
Teléfono: 3166273083