

**PROYECTO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO “CASA 18
LOMAS DEL RIO 6,08 KWP”**

MEMORIA DE CÁLCULO

**Realizado por:
Ing. John Lemos Rojas
ENERDICA**

Cali – Valle del Cauca

CONTENIDO

1. ALCANCE DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	4
2. LISTA DE CHEQUEO PARA EL DISEÑO DETALLADO DE ARTÍCULO 10.1.1 DEL RETIE.	4
2.1. (A) Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos (<i>aplica</i>)	4
2.1.1 Cargas del sistema	4
2.1.2 Análisis de armónicos y factor de potencia.	4
2.2. (B) Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico (<i>aplica</i>).	5
2.3. (C) Análisis de cortocircuito y falla a tierra (<i>aplica</i>)	6
2.4. (D) Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos (<i>no aplica</i>)	6
2.5. (E) Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos (<i>aplica</i>).	7
2.6. (F) Análisis del nivel de tensión requerido (<i>aplica</i>)	10
2.7. (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 (<i>no aplica</i>)	10
2.8. (H) Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga (<i>aplica</i>)	10
2.9 (I) Cálculo del sistema de puesta a tierra (<i>aplica</i>)	11
2.10. (J) Cálculo económico de conductores (<i>aplica</i>)	11
2.11. (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, IEE 242, capítulo 9 o equivalente (<i>aplica</i>)	12
2.12. (L) Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos (<i>aplica</i>)	13
2.13. (M) Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes (<i>aplica</i>)	14
2.14. (N) Cálculos de canalizaciones y volumen de encerramientos (<i>aplica</i>)	14
2.15. (O) Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia (<i>aplica</i>)	15
2.16. (P) Cálculos de regulación (<i>aplica</i>)	15
2.17. (Q) Clasificación de áreas (<i>aplica</i>)	15
2.18. (R) Elaboración de diagramas unifilares (<i>aplica</i>)	16

- 2.20. (S) Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción (*aplica*) 16
- 2.21. (T) Especificaciones de construcción complementarias a los planos (*Aplica*) 16
- 2.22. (U) Establecer las distancias de seguridad requeridas (*aplica*) 16
- 2.23. (V) Justificación técnica de desviación de la NTC 2050. (*no aplica*) 16
- 24 (W) Estudios adicionales (*no aplica*) 16

1. ALCANCE DE LA INSTALACIÓN

El diseño eléctrico del proyecto sistema solar fotovoltaico “casa 18-lomas del rio 6.08kWp” abarcó los cálculos y dimensionamiento de los equipos e infraestructura requerida para la generación, prestación e inyección de energía eléctrica a red de forma confiable, segura y de calidad a través de la conversión de energía solar a eléctrica. Los cálculos realizados fueron llevados a cabo de acuerdo a lo estipulado por el código eléctrico colombiana (NTC 2050), las Normas Técnicas Colombianas, normas y estándares internacionales IEC, IEEE y UL, lista de chequeo para el diseño detallado del artículo 10.1.1 del RETIE y demás disposiciones de este reglamento.

2. LISTA DE CHEQUEO PARA EL DISEÑO DETALLADO DE ARTÍCULO 10.1.1 DEL RETIE.

2.1. (A) Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos *(aplica)*

2.1.1 Cargas del sistema

Las cargas existentes corresponden a la distribución interna de una vivienda unifamiliar tipo casa finca, las cuales fueron preestablecidas en la construcción de la misma. Al estar destinada la instalación sobre la cual se hará el proyecto para un uso residencial, las cargas que alimenta el sistema fotovoltaico se verán reflejadas en iluminación, aires acondicionados, electrodomésticos, equipos de cómputo y una motobomba para piscina. Todas estas cargas se alimentan mediante un sistema trifásico de 120/208 V en a.c a 60 Hz. No se tiene previsto el aumento de cargas a futuro.

2.1.2 Análisis de armónicos y factor de potencia.

Los armónicos en corriente del sistema fotovoltaico desarrollado se encuentran impuestos por los equipos eléctricos no lineales que participan en este, que en este caso, son 2 micro inversores. Para dar cumplimiento del artículo 20.6.3.1.q del RETIE el cual sita “*En sistemas en donde la distorsión armónica total (THD) en corriente, sea superior o igual al 15%, se deben dimensionar todos los conductores o barras de acuerdo con el factor de corrección exigido en la IEC 60364-5-523*”, se verificó los niveles de distorsión armónica en corriente producido por estos equipos.

Tabla 1. Cálculo de THD total

CALCULO DE ARMÓNICOS EN CORRIENTE			
EQUIPO	In(A)	THD MAXIMA	Iarm (A)
AP SYSTEM QS1	5,769	0,030	5,7718
AP SYSTEM QS1	5,769	0,030	5,7718
AP SYSTEM QS1	5,769	0,030	5,7718
AP SYSTEM QS1	5,769	0,030	5,7718
TOTAL	23,0769	0,030	23,0873

Donde:

In: corriente nominal del inversor

THD: distorsión armónica dada en la ficha técnica del producto.

Iarm: corriente armónica.

Cómo se pudo observar, el THD total inyectado por todos los equipos micro inversores no supera el 15%, por tanto, no se tiene en cuenta los efectos armónicos en el dimensionado de los conductores.

A su vez, los inversores tienen la capacidad de inyectar energía a un factor de potencia mayor a 0.99.

2.2. (B) Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico (aplica).

Para el cumplimiento de esta condición se recurre a fijar los niveles de BIL de los envolventes de los equipos asociados al sistema fotovoltaico. Lo anterior se realiza a través de la clasificación de los equipos usados frente a la tabla E.3 de la NTC4552-1, la cual menciona el nivel básico de impulso (BIL) que los equipos deben soportar de acuerdo a su ubicación en las instalaciones.

Tabla 2. Tabla E.3 (tensión al impulso que deben soportar los equipos)

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

Fuente: NTC4552-1

Teniendo en cuenta lo anterior, el BIL requerido para los equipos de la instalación es el siguiente:

Tabla 3. Selección de BIL de equipos del sistema fotovoltaico

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS EN LA INSTALACIÓN	TENSIÓN DE OPERACIÓN	CATEGORÍA	BIL (KV)
Contadores	208 vac	IV	4
Tablero solar	208 vac	III	2.5
Tablero de conexión	208 vac	III	2.5
Protecciones en baja tensión	208 vac	III	2.5
Conductores	208 vac	III	2.5
Herramientas portátiles	208 vac	II	1.5
Equipos electrónicos	208 vac	I	0.8

2.3. (C) Análisis de cortocircuito y falla a tierra (aplica)

Para determinar el nivel de corriente de ruptura de los interruptores y equipos, se estima la corriente de falla a la salida de baja tensión del transformador al cual está conectado la instalación en la cual se instalará el sistema de fotovoltaico. Este nivel de corriente se obtuvo a través de la información dispuesta por el operador de red en su aplicativo de registro de proyectos de autogeneración a pequeña escala.

Tabla 4. Niveles de corriente de corto circuito en instalación de proyecto.

Observación No. 2012 , Fecha de registro: 2021-01-28 12:16:16.0 , Estado: Registrada

Radicado: 743 Nodo: 2405512 Circuito: La Maria Subestación: Pance Distancia a la Subestación (mts): 4378 Nivel de Cortocircuito Trifásico (kAmp): 2.93 Nivel Cortocircuito Monofásico (kAmp): 1.92 Fecha de Prueba: miércoles, 10 de febrero de 2021

De acuerdo a lo anterior, se recomienda que los equipos de protección seleccionados tengan un poder de corte superior a los 2.93 kA

2.4. (D) Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos (no aplica)

De acuerdo al artículo 16.1 del RETIE “*las instalaciones de uso final donde se tenga alta concentración de personas, tales como: Edificaciones de viviendas multifamiliares, edificios de oficinas, hoteles, centros de atención médica, lugares de culto, centros educativos, centros comerciales, industrias, supermercados, parques de diversión, prisiones, aeropuertos, cuarteles, salas de juzgados, salas de baile o diversión, gimnasios, restaurantes, museos, auditorios, boleras, salas de clubes, salas de conferencias, salas de exhibición, salas de velación, lugares de*

espera de medios de transporte masivo. Igualmente aplica a edificaciones aisladas, edificaciones con alturas que sobresalgan sobre las de su entorno y donde se tenga conocimiento de alta densidad de rayos.” La edificación en la cual se hará la instalación del proyecto no requiere un análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos. No obstante, para protección de sobretensiones que puedan ocurrir por rayos o algún otro fenómeno que afecte los equipos instalados, se instala un DPS de tipo limitador de tensión, el cual se seleccionó de acuerdo a lo establecido por las normas UL1449, IEEE C62.41.2-2002 y NTC 4552-1

Tabla 5. Cálculo de DPS.

SELECCIÓN DE EQUIPO DE PROTECCIÓN DPS	
LOCALIZACIÓN	Tablero solar
CLASE DE EQUIPO	Clase B
TIPO DE EQUIPO	Tipo 2
TENCIÓN MÁXIMA DE SERVICIO (Uc)	220 V fase-fase
NIVEL DE PROTECCIÓN (Up)	<2.5 kV
CORRIENTE NOMINAL (In)	>= 5 kA

2.5. (E) Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos (aplica).

Se realiza conforme a la metodología del artículo 9.2.1 y tablas 9.3 y 9.4 del RETIE. Estas últimas se adaptan en la matriz de riesgo de la tabla 8

Tabla 6. Tabla 9.3 del RETIE.

RIESGO A EVALUAR:	por		(all) o (en)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)	FUENTE (Ej: Celda de 13.8 kV)				
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		REAL			FRECUENCIA				
	POTENCIAL	REAL	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
C O N S E C U E N C I A S	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 7. Tabla 9.4 del RETIE

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
Rojo	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 claro	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 claro	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 oscuro	Muy bajo	Vigilar posibles cambios.	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 8. Matriz de riesgo eléctrico.

matriz de riesgo eléctrico de acuerdo a artículos RETIE 9.2 a 9.4						
Factor de riesgo:	Arco eléctrico				Potencial o real	Potencial
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos solares presentan un riesgo bajo de arco eléctrico debido a las medidas de control tomadas	Se establecen distancia de seguridad, realización del tendido del cableado con materiales envolventes. Ejecución de maniobras en partes energizadas con EPP
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo El alambrado presenta un riesgo bajo de arco eléctrico debido a las medidas de control tomadas	Se establecen distancia de seguridad, realización del tendido del cableado con materiales envolventes, manipulación con EPP y herramientas con material aislante
Tablero solar	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero solar presenta un riesgo bajo de arco eléctrico debido a las medidas de control tomadas	Se establecen distancia de seguridad, señalización de riesgo eléctrico, manipulación con EPP y herramientas con material aislante
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión existente presenta un riesgo bajo de arco eléctrico debido a las medidas de control tomadas	Se establecen distancia de seguridad, señalización de riesgo eléctrico, manipulación con EPP y herramientas con material aislante
Factor de riesgo	Ausencia de electricidad				Potencial o real	Real
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	E1	E1	E1	E1	Muy bajo No es un riesgo presente	En la instalación no hay equipos que al prescindir del sistema fotovoltaico pongan en riesgo vidas humanas
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	E1	E1	E1	E1	Muy bajo No es un riesgo presente	En la instalación no hay equipos que al prescindir del sistema fotovoltaico pongan en riesgo vidas humanas
Tablero solar	E1	E1	E1	E1	Muy bajo No es un riesgo presente	En la instalación no hay equipos que al prescindir del sistema fotovoltaico pongan en riesgo vidas humanas
Tablero de conexión (Existente)	E1	E1	E1	E1	Muy bajo No es un riesgo presente	En la instalación no hay equipos que al prescindir del sistema fotovoltaico pongan en riesgo vidas humanas
Factor de riesgo	Contacto directo				Potencial o real	Real
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos solares presentan un riesgo bajo de contacto directo debido a las medidas de control tomadas	Controlado con la ubicación de instalación de los equipos en cubierta para evitar manipulación de personas no autorizadas y el aterrizaje de las partes metálicas cercanas a las partes energizadas del sistema
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo	Controlado con el aislamiento de los conductores y partes energizadas con sistemas porta cables y

					El alambrado instalado presenta un riesgo bajo de contacto directo debido a las medidas de control tomadas	cerramiento de equipos y manipulación por personal calificado
Tablero solar	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero solar presenta un riesgo bajo de contacto directo debido a las medidas de control tomadas	Controlado con ubicación de equipo en lugar donde sólo transita personal autorizado, fijación de distancia de seguridad, señalización de riesgo eléctrico y manipulación por personal calificado.
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión existente presenta un riesgo bajo de contacto directo debido a las medidas de control tomadas	Controlado con señalización de riesgo eléctrico en lugar de ubicación del tablero y circuito fotovoltaico. Manipulación de este equipo por personal calificado para la realización de maniobras
Factor de riesgo	Contacto indirecto				Potencial o real	Real
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos solares presentan un riesgo bajo de contacto indirecto debido a las medidas de control tomadas	Controlado con la ubicación de instalación de los equipos en cubierta para evitar manipulación de personas no autorizadas y el aterrizaje de las partes metálicas cercanas a las partes energizadas del sistema
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo El alambrado presenta un riesgo bajo de contacto indirecto debido a las medidas de control tomadas	Controlado con el aislamiento de los conductores y partes energizadas con sistemas porta cables y cerramiento de equipos.
Tablero solar	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero solar presenta un riesgo bajo de contacto indirecto debido a las medidas de control tomadas	Controlado con ubicación de equipo en lugar donde sólo transita personal autorizado, fijación de distancia de seguridad, señalización de riesgo eléctrico y encerramiento de equipos, SPT para partes metálicas aledañas a partes energizadas
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión existente presenta un riesgo bajo de contacto indirecto debido a las medidas de control tomadas	Controlado con señalización de riesgo eléctrico en lugar de ubicación del tablero y circuito fotovoltaico. El equipo cuenta con encerramiento de conductores y puesta a tierra de partes metálicas
Factor de riesgo	Cortocircuito				Potencial o real	Potencial
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos presentan un riesgo bajo de cortocircuito debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, aislamiento de conductores, correcta polaridad de instalación, sistema de puesta a tierra.
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo El alambrado presenta un riesgo bajo de cortocircuito debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, aislamiento de conductores, correcta polaridad de instalación.
Tablero solar	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero solar presenta un riesgo bajo de cortocircuito debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, aislamiento de conductores, correcta polaridad de instalación, sistema de puesta a tierra.
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión presenta un riesgo bajo de cortocircuito debido a las medidas de control tomadas	Dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, aislamiento de conductores, correcta polaridad de instalación, sistema de puesta a tierra
Factor de riesgo	Electricidad estática				Potencial o real	Potencial
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos presentan un riesgo bajo de electricidad estática debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales y ubicación de instalación de los equipos en cubierta para evitar manipulación de personas
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo El alambrado presenta un riesgo bajo de electricidad estática debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales
Tablero solar	D1	D1	D1	D1	Bajo	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales

					El tablero solar presenta un riesgo bajo de electricidad estática debido a las medidas de control tomadas	
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión presenta un riesgo bajo de electricidad estática debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales
Factor de riesgo	Equipo defectuoso				Potencial o real	Potencial.
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos presenta un riesgo bajo de falla debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante el empleo de equipos certificados, prueba de equipos, conexionado e instalación de equipos de acuerdo a recomendaciones del fabricante, mantenimiento predictivo y preventivo
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo El alambrado presenta un riesgo bajo de falla debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante el empleo de equipos certificados, prueba de equipos, conexionado e instalación de equipos de acuerdo a recomendaciones del fabricante, mantenimiento predictivo y preventivo.
Tablero solar	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero solar presenta un riesgo bajo de falla debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante el empleo de equipos certificados, prueba de equipos, conexionado e instalaciones de equipos de acuerdo a recomendaciones del fabricante, mantenimiento predictivo y preventivo.
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión presenta un riesgo bajo de falla debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante el empleo de equipos certificados, prueba de equipos, conexionado e instalación de equipos de acuerdo a recomendaciones del fabricante.
Factor de riesgo	Sobrecarga				Potencial o real	Potencial.
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos presentan un riesgo bajo de sobrecarga debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, correcto dimensionamiento del cableado.
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo El alambrado presenta un riesgo bajo de sobrecarga debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, correcto dimensionamiento del cableado.
Tablero solar	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero solar presenta un riesgo bajo de sobrecarga debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, correcto dimensionamiento del cableado, hábitos de consumo no perjudiciales para el sistema.
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión presenta un riesgo bajo de falla debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante dispositivos de protección termomagnéticos correctamente dimensionados, correcto dimensionamiento del cableado, hábitos de consumo no perjudiciales para el sistema.
Factor de riesgo	Rayos				Potencial o real	Potencial.
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos presentan un riesgo bajo de afectaciones por rayos debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales y dispositivos de protección contra sobre corriente DPS
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	D1	D1	D1	D1	Bajo El alambrado presenta un riesgo bajo de afectaciones por rayo debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales y dispositivos de protección contra sobre corriente DPS
Tablero solar	E1	E1	E1	E1	Muy bajo El tablero solar presenta un riesgo muy bajo de afectaciones por rayo debido a que no se encuentra al aire libre	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales y dispositivos de protección contra sobre corriente DPS. Los equipos no se encuentran al aire libre
Tablero de conexión (Existente)	E1	E1	E1	E1	Muy bajo El tablero de conexión presenta un riesgo muy bajo debido a que no se encuentra al aire libre	Controlado mediante sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales. Los equipos no se encuentran al aire libre
Factor de riesgo	Tensión de contacto				Potencial o real	Real.
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos

Campo fotovoltaico	D1	D1	D1	D1	Bajo Los módulos presentan un riesgo bajo de tensión de contacto debido a las medidas de control tomadas	Controlado mediante ubicación de equipos en cubierta para evitar manipulación de personas, sistema de puesta a tierra
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	E1	E1	E1	E1	Muy bajo El alambrado presenta un riesgo muy bajo de tensión de contacto debido a que las partes metálicas energizadas expuestas son pocas	Controlado mediante tendido del cableado con materiales envolventes y en canalizaciones, manipulación con EPP y herramientas con material aislante
Tablero solar	E1	E1	E1	E1	Muy bajo El tablero solar presenta un riesgo muy bajo de tensión de contacto debido a que las partes metálicas energizadas expuestas son pocas	Controlado mediante señalización de riesgo eléctrico, sistema de puesta a tierra, conductores con aislantes, manipulación con EPP y herramientas con material aislante
Tablero de conexión (Existente)	D1	D1	D1	D1	Bajo El tablero de conexión presenta un riesgo bajo de tensión de contacto debido a las medidas de control tomadas	Señalización de riesgo eléctrico, sistema de puesta a tierra, conductores con aislantes, manipulación con EPP y herramientas con material aislante
Factor de riesgo	Tensión de paso				Potencial o real	Real.
Equipo o fuente	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen empresa	Valoración	Medidas para el control y ejecución de trabajos
Campo fotovoltaico	E1	E1	E1	E1	Muy bajo Los módulos solares presentan un riesgo muy bajo de tensión de paso debido a que, por las características de la instalación, es poco probable que en la superficie del suelo se presenten distintos potenciales	Ubicación de los equipos en cubierta para evitar manipulación de personas no autorizadas, sistema de puesta a tierra.
Alambrado desde el campo solar hasta el tablero de conexión	E1	E1	E1	E1	Muy bajo Los módulos solares presentan un riesgo muy bajo de tensión de paso debido a que, por las características de la instalación, es poco probable que en la superficie del suelo se presenten distintos potenciales	No afecta la secuencia de actividades
Tablero solar	E1	E1	E1	E1	Muy bajo Los módulos solares presentan un riesgo muy bajo de tensión de paso debido a que, por las características de la instalación, es poco probable que en la superficie del suelo se presenten distintos potenciales	No afecta la secuencia de actividades
Tablero de conexión (Existente)	E1	E1	E1	E1	Muy bajo Los módulos solares presentan un riesgo muy bajo de tensión de paso debido a que, por las características de la instalación, es poco probable que en la superficie del suelo se presenten distintos potenciales	No afecta la secuencia de actividades
Evaluador	John E. Lemos Rojas		MP	VL205-150245		Fecha: 10 de noviembre del 2020

2.6. (F) Análisis del nivel de tensión requerido (aplica)

Para satisfacer los niveles de tensión de los equipos de la instalación, la tensión final del sistema fotovoltaico debe ser de 120/208 Vac /3F/ 60 hz. De acuerdo al Artículo 12 “Clasificación de los niveles de tensión”, este nivel se clasifica como “Baja tensión”.

El nivel de tensión en el circuito de fuente fotovoltaica fue de 48.5 Vdc en circuito abierto, cumpliendo con la sección 690-7.c de la norma NTC 2050, la cual cita “ Se permite que los circuitos de la fuente fotovoltaica y de salida fotovoltaica que no

contengan porta bombillas, tomacorrientes o aparatos tengan hasta 600V “.El nivel de tensión del circuito de salida del inversor fue de 208 Vac, conforme a la sincronización con la red de distribución a la que se conecta el sistema.

2.7. (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 (no aplica)

Este ítem no aplica debido a que solo se requiere si el nivel de tensión de las líneas es mayor a 57,5 kV.

2.8. (H) Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga (aplica)

El sistema solar no requirió de la instalación de un transformador para su entrada en operación. No obstante, atendiendo a las especificaciones técnicas del artículo 5.a de la resolución CREG 030 del 2018, el cual cita “la sumatoria de la potencia instalada de los GD o AGPE que entregan energía a la red debe ser igual o menor al 15% de la capacidad nominal del circuito, transformador o subestación donde se solicita el punto de conexión para exportar los excedentes de energía a la red”. Se verifica que la potencia a entregar por el sistema fotovoltaico esté en este rango.

Tabla 9. Potencia entregada al transformador de distribución.

POTENCIA ENTREGADA DEL SISTEMA AL PUNTO DE CONEXIÓN	
Potencia del transformador del punto de conexión	112.5 kVA
Disponibilidad de potencia	16.87 kVA
Potencia máxima del sistema solar (A.C)	4.8 kW
Cumple con artículo 5.a de la CREG 030 del 2018	Cumple

2.8.1 Sistema fotovoltaico

De forma similar al proceso de suministro de energía eléctrica del SDL. El sistema fotovoltaico instalado funciona inyectando energía eléctrica a la instalación eléctrica mediante un proceso de transformación de energía solar a eléctrica (realizado por un arreglo de paneles) y una adecuación tensión mediante convertidores electrónicos (homólogamente como ocurre con un transformador de distribución, pero con un principio de funcionamiento distinto). A continuación, se describe las características del sistema fotovoltaico.

Tabla 10. Sistema fotovoltaico

SISTEMA FOTOVOLTAICO					
EQUIPO	PARÁMETRO	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	TOTAL
GENERADOR ZSHINE SOLAR /Potencia: 380W/Voc: 48.5 V/IsC: 10.04A	NÚMERO DE PANELES	4	8	4	16
	POTENCIA (Wp)	1520	3040	1520	6080
	Voc (V)	49,1	49,1	49,1	49,1
TRANSFORMADOR Micro Inversor AP SYSTEM QS1/ 1200W	NÚMERO DE MICROINVERSORES	1	2	1	4
	FASES A ALIMENTAR	R Y T	S Y T	R Y S	R, S Y T
	POTENCIA NOMINAL (W)	1200	2400	1200	4800
	TENSIÓN NOMINAL (V)	208	208	208	208
	CORRIENTE NOMINAL POR FASE(A)	5,77	11,54	5,77	R y T: 17,3 y S 11,4
TRANSMISIÓN Conductores AWG Cu THHN-2	PUNTOS DE CONEXIÓN	TABLERO SOLAR			TABLERO GENERAL

2.9 (I) Cálculo del sistema de puesta a tierra (aplica)

La puesta a tierra del sistema fotovoltaico se realizó a través del sistema de puesta a tierra existente en la instalación eléctrica de la edificación y conforme a las disposiciones de las secciones 690-41 a 690-47 y 250 de la NTC 2050. A continuación, se presenta las normativas que aplican para cada uno de los equipos instalados y los métodos de puesta a tierra a utilizar.

Tabla 11. Normativa y métodos de puesta a tierra empleados.

EQUIPO	NORMATIVA A CUMPLIR	MÉTODO DE PUESTA A TIERRA
Paneles fotovoltaicos	sección 690-43 NTC 2050 Se deben poner a tierra todas las partes expuestas metálicas no portadoras de corriente de los bastidores de los módulos, equipos y encerramientos de conductores, independientemente de su tensión.	Aterrizados con estructura de montaje que cumplen con estándar UL 2703 y conductor de tierra
Micro inversores	sección 690-43 NTC 2050 Se deben poner a tierra todas las partes expuestas metálicas no portadoras de corriente de los bastidores de los módulos, equipos y encerramientos de conductores, independientemente de su tensión.	Aterrizados mediante errajes que entran en contacto con la estructura de los paneles fotovoltaicos y conductor de tierra
Canalizaciones	sección 250-32,33 NTC 2050 Se deben poner a tierra los armarios y canalizaciones metálicas de los conductores de la acometida y todos los demás conductores	Mediante conductor de tierra
Tablero solar	sección 250-43 NTC 2050 Independientemente de su tensión nominal, se deben poner a tierra las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de los equipos descritos en a) a j). A) Marcos y estructuras de los cuadros de distribución	No aplica puesto que el tablero es plástico

Para la selección del conductor de puesta a tierra se tuvo en cuenta lo mencionado en la sección y tabla 250-95 de la NTC 2050, la cual menciona que “Cuando un conductor sencillo de puesta a tierra de equipos vaya con circuitos múltiples en el mismo conducto o cable, su calibre se debe determinar de acuerdo con el mayor dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja a los conductores del mismo conducto o cable”. Teniendo en cuenta la anterior, se determinó que el calibre mínimo de conductores fuese de #12 AWG puesto que la corriente nominal

del dispositivo de protección contra sobrecorriente de denominación más elevada es de 20 A.

2.10. (J) Cálculo económico de conductores (aplica)

Se calculan los distintos costos anuales derivados de las pérdidas de energía en el uso de los conductores eléctricos portadores de corriente durante la operación del sistema.

Tabla 12. Cálculo económico de conductores.

CALCULO ECONOMICO DE CONDUCTOR EN A.C				
# CIRCUITO	CIRCUITO 1	CIRCUITO 2	CIRCUITO 3	CIRCUITO 4
POTENCA (W)	1200	2400	1200	4800
TENSIÓN (V)	208	208	208	208
CORRIENTE DE FASE (A)	5,77	11,54	5,77	13,34
CONDUCTOR AWG	2 fases #12	2 fases #12	2 fases #12	3 fases #10
LONGITUD (m)	18	18	18	2
RESISTENCIA DEL CONDUCTOR(ohm/km)	6,56	6,56	6,56	3,94
COSTO DEL CONDUCTOR (\$/m)	\$1.300	\$1.300	\$1.300	\$2.129
PRECIO DE LA ENERGÍA (\$/kWh)	500	500	500	500
FACTOR DE PÉRDIDAS	0,03	0,03	0,03	0,03
VIDA UTIL (AÑOS)	25	25	25	25
TASA DE DESCUENTO	0,15	0,15	0,15	0,15
COSTO DE INSTALACIÓN (\$)	\$46.800	\$46.800	\$46.800	\$12.774
COSTO ENERGÉTICO DURANTE VIDA (\$)	\$7.473,77	\$7.473,77	\$7.473,77	\$2.666,35
COSTO TOTAL DURANTE VIDA DEL CONDUCTOR (\$)	\$54.273,77	\$54.273,77	\$54.273,77	\$15.440,35
ANALISIS PARA EL CONDCUTOR SIGUIENTE				
CONDUCTOR AWG	2 fases #10	2 fases #10	2 fases #10	3 fases #8
RESISTENCIA DEL CONDUCTOR(ohm/km)	3,94	3,94	3,94	2,56
COSTO DEL CONDUCTOR (\$/m)	\$2.129	\$2.129	\$2.129	\$3.700
COSTO DE INSTALACIÓN (\$)	\$76.644	\$76.644	\$76.644	\$22.200
COSTO ENERGÉTICO DURANTE VIDA (\$)	\$4.489	\$4.489	\$4.489	\$1.732
COSTO TOTAL DURANTE VIDA DEL CONDUCTOR (\$)	\$81.133	\$81.133	\$81.133	\$23.932
DESICIÓN A TOMAR	dejar conductor	dejar conductor	dejar conductor	dejar conductor

2.11. (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, IEE 242, capítulo 9 o equivalente (aplica)

La selección y verificación de la capacidad de corriente de los conductores y protecciones se realizó de acuerdo a lo establecido en la sección 690-8 de la NTC 2050, la cual cita " La capacidad de corriente de los conductores y la corriente nominal o ajuste de disparo de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no debe ser menor al 125 % de la corriente calculada según los siguiente:

- 1) Circuitos de la fuente fotovoltaica. Es la suma de la corriente nominal de cortocircuito de los módulos en paralelo.
- 2) Circuito de salida fotovoltaica. Es la corriente nominal de cortocircuito de la fuente de alimentación fotovoltaica.
- 3) Circuito de salida del inversor. Es la corriente nominal de salida del inversor o de la unidad de acondicionamiento de energía.”

Teniendo en cuenta lo anterior, la selección de los interruptores de protección se realizó conforme a los valores normalizados de la sección 240-6a de la NTC 2050 y la selección del calibre de los conductores portadores de corriente y de tierra se realizó a partir de las tablas 310-16 y 250-94 de la NTC 2050.

Tabla 13. Verificación de conductores en A.C.

VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES												
# CIRCUITO	CIRCUITO 1			CIRCUITO 2			CIRCUITO 3			CIRCUITO 4		
DESCRIPCIÓN	Micro inversor en campo solar con 4 módulos			Cadena de 2 microinversores en campo solar con 4 módulos cada			Micro inversor en campo solar con 4 módulos			Circuito de inyección de energía, de tablero solar a tablero principal		
POTENCIA (W)	1200			2400			1200			4800		
TENSIÓN (V)	208			208			208			208		
CORRIENTE (A)	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
	5,77		5,77	11,54	11,54	5,77	5,77	11,54	17,31	17,31		
Ajuste (690-8)	7,21		7,21	14,42	14,42	7,21	7,21	14,42	21,63	21,63		
PROTECCIÓN	2 X 10A			2 X 16A			2 X 10A			3 X 20A		
CONDUCTOR AWG	2 fases #12			2 fases #12			2 fases #12			3 fases #10		
CAPACIDAD DE CORRIENTE a 60°C (A)	25			25			25			30		
AJUSTE POR TEMPERATURA	1			1			1			1		
AJUSTE POR CANALIZACION	0,80			0,80			0,80			0,8		
C.CONDUCTOR CON AJUSTE (A)	20,0			20,0			20			24		
CONDUCTOR CUMPLE	CUMPLE			CUMPLE			CUMPLE			CUMPLE		

Tabla 14. Verificación de conductores en D.C

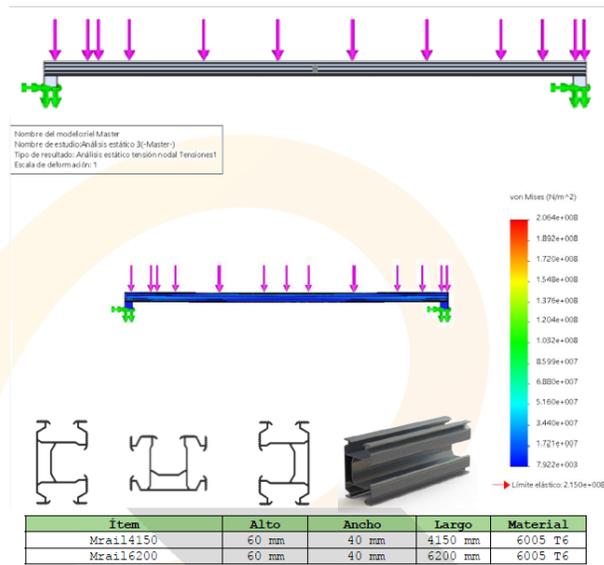
VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES EN D.C POR MICRO INVERSOR	
POTENCIA POR MODULO (W)	400
TENSIÓN A CIRCUITO ABIERTO (V)	48,5
CORRIENTE NOMINAL (A)	10,16
Ajuste (690-8) CORRIENTE DE FASE(A)	12,70
MODULO EN SERIE /PARALELO	1 1
CORRIENTE TOTAL (A)	10,16
TENSIÓN TOTAL (V)	48,50
C. NOMINAL PROTECCIÓN (A)	N/A
CONDUCTOR AWG SELECCIONADO	Cable fotovoltaico 4mm
CAPACIDAD DE CORRIENTE a 90°C (A)	40
CUMPLE	SÍ

2.12. (L) Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos (aplica)

Se anexa características estructurales y mecánicas de los módulos y rieles utilizados en este proyecto para adaptación a la propuesta de diseño de acuerdo al tipo de cubierta y las consideraciones de tipo estructural. Se sugiere que adicionalmente, el constructor y el cliente se apoyen en el cálculo y recomendaciones que realice un especialista estructural.

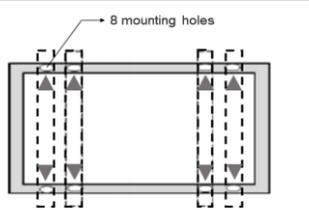
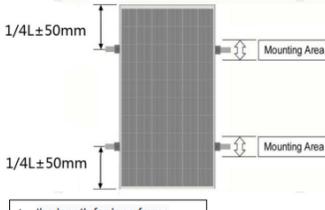
Prueba de resistencia mecánica para riel Alurack Mrail

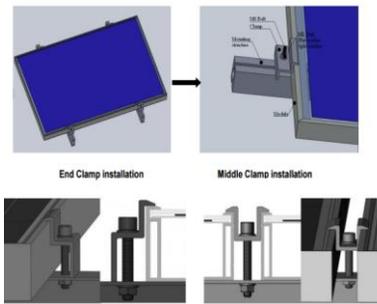
Prueba con restricción de geometría fija en apoyos a 2 m de distancia.
Fuerza aplicada: 100 kgf distribuidos uniformemente.



Fuente: hoja técnica de estructura Alurack

CARGA MECÁNICA DE LOS MÓDULOS ZSHINE SOLAR

Mechanical load pressure	Installation direction	Mechanical load pressure	Clamps Width	Installation direction
+3600Pa/-1600Pa (with safety factor 1.5)		+2400Pa/-2400Pa (with safety factor 1.5)	$\geq 60\text{mm}$	
				L: the length for long frame



Fuente: manual de instalación módulos ZSHINE SOLAR

2.13. (M) Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes (aplica)

De acuerdo a los resultados obtenidos en los apartados 2.3, 2.11 y a la norma IEC 60947-2 se realiza la respectiva especificación de los dispositivos de protección a utilizar.

Tabla 15. Coordinación de protecciones.

CORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRE CORRIENTE				
CIRCUITO	CIRCUITO 1	CIRCUITO 2	CIRCUITO 3	CIRCUITO 4
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN	Termomagnético	Termomagnético	Termomagnético	Termomagnético
CORRIENTE NOMINAL (A)	10	16	10	20
TENSIÓN NOMINAL (V)	208	208	208	208
TIPO DE CURVA DE OPERACIÓN	C	C	C	C
RANGO DE CORRIENTE PARA UN DISPARO EN 0,1S	50-100 A	80-160 A	50-100 A	100-200 A

2.14. (N) Cálculos de canalizaciones y volumen de encerramientos (aplica)

Se realiza de acuerdo al diámetro total de los conductores alojados en la canalización y siguiendo las sugerencias de la tabla C4 (tubería IMC) y C11 (tubería PVC) de la norma NTC 2050.

Tabla 16. Selección de canalizaciones

CÁLCULO DE CANALIZACIÓN CAMPO SOLAR /TABLERO SOLAR					
Circuito	Cantidad de conductores	Tipo y uso del conductor	Calibre AWG conductor (Diámetro total con aislamiento en mm)		Espacio total ocupado (mm ²)
CIRCUITO 1: 2 FASES	2	THHN-2	12	3,4	18,15
CIRCUITO 2: 2 FASES	2	THHN-2	12	3,4	18,15
CIRCUITO 3: 2 FASES	2	THHN-2	12	3,4	18,15
TIERRA	1	THHN-2	10	4,2	13,85
Total conductores		7	Total área ocupada (mm ²)		68,30
DUCTO ESCOGIDO: Tubo Conduit tipo PVC		Calibre (pulgadas):	1	Area en mm2	506,45
PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN %			13,49%		

2.15. (O) Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia (aplica)

Los cálculos de las pérdidas de energía por uso de los conductores portadores de corriente se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 17. Pérdidas en conductor

PÉRDIDAS EN CONDUCTOR				
# CIRCUITO	CIRCUITO 1	CIRCUITO 2	CIRCUITO 3	CIRCUITO 4
POTENCA (W)	1200	2400	1200	4800
TENSIÓN (V)	208	208	208	208
CORRIENTE DE FASE (A)	5,77	11,54	5,77	23,08
CONDUCTOR AWG	2 fases #12	2 fases #12	2 fases #12	3 fases #10
LONGITUD (m)	18	18	18	2
RESISTENCIA DEL CONDUCTOR(ohm/km)	6,56	6,56	6,56	3,94
PÉRDIDAS $R \cdot I^2$ (kWh/año)	12,05	48,20	12,05	12,87
TOTAL PÉRDIDAS (kWh/año)	85,17	Horas sol diarias		4,2

2.16. (P) Cálculos de regulación (aplica)

Se estima la caída de tensión de los circuitos y se verifica que esta se encuentre en los niveles permitidos sugeridos por la sección 215-2b de la NTC 2050, la cual cita “Los conductores de alimentadores tal como están definidos en la Sección 100, con un calibre que evite una caída de tensión superior al 3 % en la salida más lejana para potencia, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramales hasta la salida más lejana no supere el 5 %, ofrecen una eficiencia de funcionamiento razonable”.

Tabla 18. Cálculo de regulación

CALCULO DE REGULACIÓN				
# CIRCUITO	CIRCUITO 1	CIRCUITO 2	CIRCUITO 3	CIRCUITO 4
POTENCA (W)	1200	2400	1200	3600
TENSIÓN (V)	208	208	208	209
CORRIENTE DE FASE (A)	5,77	11,54	5,77	17,22
CONDUCTOR AWG	2 fases #12	2 fases #12	2 fases #12	3 fases #10
LONGITUD (m)	18	18	18	2
RESISTENCIA DEL CONDUCTOR(ohm/km)	6,56	6,56	6,56	3,94
REACTANCIA DEL CONDUCTOR(ohm/km)	0,213	0,213	0,213	0,207
ZEF (ohm/km), fp=0,99	6,524	6,524	6,524	3,930
ΔV_f	1,355	2,710	1,355	0,234
REGULACIÓN (%)	0,651%	1,303%	0,651%	0,112%
CUMPLE	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
REGULACIÓN DEL RAMAL MÁS LARGO (%)	1,415%	CUMPLE	SÍ	

2.17. (Q) Clasificación de áreas (no aplica)

No aplica debido a que ninguno de los espacios de la instalación se encuentra en las clasificaciones de la norma IEC o NFPA

2.18. (R) Elaboración de diagramas unifilares (aplica)

Se anexa en plano.

2.20. (S) Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción (aplica)

Se anexa en plano.

2.21. (T) Especificaciones de construcción complementarias a los planos (Aplica)

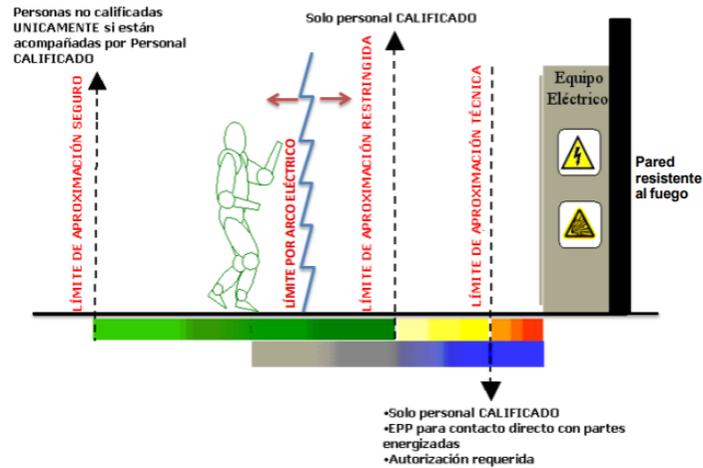
Se anexa en plano.

2.22. (U) Establecer las distancias de seguridad requeridas (aplica)

2.22.1 Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas

Las distancias de seguridad mínimas para los niveles de tensión del sistema se fijan de acuerdo al artículo 13.4 y tablas 13.7 del RETIE. Para una tensión en A.C de 208V, la normativa sugiere las siguientes distancias:

Tensión nominal	Limite 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 m	1,0 m	Evitar contacto	Evitar contacto



2.22.2 Espacios para el montaje, operación y mantenimiento de equipos.

Los espacios para el montaje, operación y mantenimiento de la instalación se establecen conforme al artículo 10.4 del RETIE, en la cual se menciona “Cuando se tengan partes expuestas energizadas a menos de 150 V de un lado y conectadas a tierra en el otro, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 1,9 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) o la altura del equipo cuando este sea más alto y 0,75 m de ancho o el ancho del equipo si este es mayor. En todo caso la profundidad del espacio de trabajo frente al equipo no debe ser inferior a 0,9 m “

2.23. (V) Justificación técnica de desviación de la NTC 2050. (no aplica)

No hay desviación de la normativa vigente en el alcance de esta obra.

2.24 (W) Estudios adicionales (no aplica)

No se requieren estudios adicionales en el alcance de esta obra

El diseñador y/o constructor quedan exonerados de cualquier responsabilidad si estos cálculos y distribuciones son alterados o modificados sin autorización previa escrita en su diseño y construcción original por el cliente, propietario del proyecto o terceros. No se permite su empleo o reproducción total o parcial con fines distintos al contratado.

Declaro que el contenido total de este documento es cierto y se encuentra soportado con los cálculos.

Atentamente,



John Edinson Lemos Rojas

Ingeniero electricista

Mat. Prof: VL205-150245

C.C: 1107511343 de Cali