MEMORIAS DE CÁLCULO DETALLADAS  
  
  
  
  
  
  
PROYECTO SOLAR FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED DE 60,72 kWp EN Santa Rosa de Osos – ANTIOQUIA.  
  
  
  
  
  
PROYECTO SSFV CIPA CRÍA  
  
  
  
  
2024-02-01 00:00:00  
  
  
  
OBJETIVO.  
El objetivo de este documento es presentar las memorias de cálculo del sistema solar fotovoltaico interconectado a la red de 60,72 kWp a un nivel de tensión de 240/120 V AC Monofasico instalado en la en el municipio de Santa Rosa de Osos – Antioquia.  
PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.  
DESCRIPCION DEL PROYECTO.  
La instalación se encuentra ubicada en el municipio de Santa Rosa de Osos , en las coordenadas 6°43'37.5"N 75°23'06.8"W a una altura aproximada de 2.550 m.s.n.m.  
  
  
Imagen 1: Vista aérea de la cubierta.  
El municipio de Santa Rosa de Osos cuenta con un clima frío con temperaturas promedio de 23°C y temperatura máxima promedio de 14°C. Los datos mostrados a continuación fueron tomados del Wheatherspark para el municipio de Santa Rosa de Osos.  
  
Tabla 1: Temperatura promedio mensual en el municipio de Santa Rosa de Osos – Antioquia.  
La acometida principal de la instalación eléctrica proviene de un transformador de 75 kVA, Monofasico tipo poste ubicado en el exterior de la edificación. Este transformador es propiedad del cliente.  
  
La acometida interna de la propiedad es monofásica trifilar (L-L-N) a 240/120. A este nivel de tensión se realizará la interconexión del sistema solar fotovoltaico.   
  
  
PROPIETARIO DEL PROYECTO.  
Nombre: Juan Gómez  
Celular:   
Correo:  
INGENIERO DISEÑADOR.  
Nombre: Santiago Jaramillo Miranda  
Celular: 3016955963  
Correo: sjaramillo@ciudadrenovable.com  
OBJETO DEL PROYECTO.  
  
El objeto del proyecto es diseñar e instalar un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red en la sede Cría de la empresa CIPA, que aporte a su demanda de consumo de energía eléctrica durante el día y que los excedentes sean entregados a la red eléctrica.  
NORMATIVIDAD  
Norma Técnica colombiana 2050 (N.T.C.) 1998.  
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) 2013.  
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA  
ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.  
Se anexa a este documento el análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos para este proyecto.  
ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.  
En la sección 10 de estas memorias de cálculo se realiza además el dimensionamiento de los conductores utilizados en la construcción del sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta las temperaturas nominales de aislamientos de los conductores y los conectores de los equipos.  
  
ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.  
  
  
Tabla 2: Análisis de riesgos de origen eléctricos.  
ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO.  
El nivel de tensión requerido para la interconexión del sistema solar fotovoltaico es según el artículo 12 del RETIE de Baja Tensión (BT) debido a que el voltaje de interconexión del sistema en el tablero eléctrico principal es en un voltaje monofásico trifilar (L-L-N) a 240/120 VAC.   
CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.   
La conexión a tierra del sistema solar fotovoltaico se realizó en el barraje de tierras del tablero eléctrico principal de la edificación cumpliendo con la sección 250 de la NTC 2050 y artículo 15 del RETIE.   
  
En la sección 10 de estas memorias se realiza el cálculo de los conductores de tierra. La equipotencialización de las estructuras de soporte de los módulos solares fotovoltaicos, del inversor y los microinversores se realiza con cable de cobre desnudo No 10 AWG.   
  
En el plano unifilar anexo a estas memorias de cálculo se detalla la conexión de la equipotencialización de los módulos solares fotovoltaicos, el inversor y los microinversores y su conexión a tierra en el tablero eléctrico.  
DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES A UTILIZAR.  
  
CONDUCTORES DESDE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA INVERSOR GROWATT.  
  
Para dimensionar los conductores de este tramo se debe conocer la corriente máxima de los módulos solares fotovoltaicos Growatt MIN 9000TL-X.   
  
Tabla 3: Características eléctricas de módulos FV. Tomado de ficha técnica.  
El arreglo de módulos solares fotovoltaicos instalados se distribuye de la siguiente forma:  
  
  
Tabla 1   
  
  
  
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE.  
  
Al estar los módulos conectados en serie, la corriente del circuito será según la ficha técnica del fabricante:  
   
De acuerdo con el artículo 220-10. b) de la NTC 2050 el conductor seleccionado debe permitir una corriente máxima igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua. Entonces la capacidad de corriente mínima Amin del conductor a seleccionar debe ser:  
  
Por lo que el cable seleccionado debe tener una capacidad mínima de corriente de A.  
Para dimensionar el cable necesario se utilizan los factores de corrección de las tablas desde la 310-16 a la tabla 310-19 de la NTC 2050. De acuerdo con la anterior se definen 2 factores de corrección por temperatura de la capacidad de corriente de los conductores.  
  
FT: Factor de corrección por temperatura ambiente.  
FAG: Factor de corrección por agrupación de conductores en canalización.  
  
Para hallar el FT se recurre a la tabla 310-16 de la NTC 2050 conociendo que la temperatura máxima promedio del municipio de Santa Rosa de Osos es de aproximadamente 22 o C. El conductor de esta acometida es un cable de cobre cuya temperatura nominal de operación es de 90o C.  
  
  
  
Para este caso, cada string de módulos fotovoltaicos cuenta con 2 cables conductores de corriente, al ser 3 string en total por inversor, desde la cubierta de la edificación al inversor bajan 6 cables conductores de corriente en el tramo de tubería donde todos se agrupan, por lo tanto, se aplica el factor de agrupación de conductores de la nota 8 a las tablas 310-16 a la 310-19.  
  
  
  
Ahora se aplican estos factores de corrección hallados a la corriente de salida del inversor. Entonces se tiene que la capacidad de corriente AC del conductor es:  
  
  
  
  
Esta capacidad de corriente es menor que los A que según el artículo 220-10. b) de la NTC 2050 debe tener mínimamente de capacidad el conductor, por lo tanto, se concluye que el conductor a seleccionar debe tener una capacidad de corriente mínima de A.  
  
TEMPERATURA EN LOS TERMINALES.  
  
Se debe tener en cuenta la temperatura nominal de los terminales de los equipos a la hora de seleccionar el conductor adecuado.   
  
De acuerdo con el artículo 110-14 C) de la NTC2050 y el artículo 20.2.9 f) del RETIE, todos los puntos de conexión, cables y equipos en una instalación eléctrica deberán soportar 60°. Por lo tanto, se debe seleccionar un conductor que con una temperatura nominal de 60oC tenga una capacidad de corriente mínimamente de 12,68 A.  
  
Entonces de la tabla 310-16 de la NTC 2050, se tiene:  
  
  
Tabla 4: Tabla 310-16 de la NTC 2050.  
Se selecciona entonces un cable solar de cobre 6 mm2 el cual corresponde a un cable No 10 que de acuerdo con la Tabla 310-16 de la NTC 2050 tienen una capacidad de corriente de 30 A para una temperatura de operación de 60oC.  
  
PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.  
  
De acuerdo con el artículo 220-10 b) de la NTC 2050 se tiene que la corriente de dispositivo de protección contra sobrecorrientes IOCPD:  
  
  
  
  
  
De acuerdo con esto se escoge la protección comercial más cercana que para este caso es un breaker DC de 16 A.  
  
Según el artículo 27.4.3 c) del RETIE, la corriente de disparo del interruptor no debe superar la corriente a la cual el aislamiento del conductor o los equipos asociados, alcancen la temperatura máxima de operación permitida.   
  
Entonces se debe analizar si esta protección será eficiente para el conductor seleccionado a la temperatura nominal de los conectores de los equipos asociados y a la temperatura nominal de su aislamiento aplicando los factores de corrección de temperatura.  
  
De la tabla 310-16 de la NTC 2050 se tiene que la capacidad de corriente para un cable de cobre calibre 10 para una temperatura de 60oC es de 30 A. Entonces:  
  
  
  
Además, la capacidad de corriente para un cable de cobre calibre 10 AWG para la temperatura nominal del cable solar de 90oC es de 40 A según la tabla 310-16 de la NTC 2050. Entonces:  
  
  
  
  
  
Por lo tanto, el breaker DC de 10 A cumple con el artículo 27.4.3 c) del RETIE.  
  
  
CÁLCULO DEL CONDUCTOR A TIERRA.  
  
Según la tabla 250.95 de la NTC 2050 el conductor a tierra de equipos donde el dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de estos es de 15 A, como en este caso, debe ser mínimamente un conductor de cobre calibre 10 AWG.  
  
  
Tabla 5: Tabla 250-95 de la NTC 2050.  
El cable seleccionado para la puesta a tierra en este tramo es un cable de cobre desnudo No 10 AWG el cual cumple con los requisitos de la tabla 250-95 de la NTC 2050.  
  
  
  
CONDUCTORES DESDE INVERSOR HASTA TABLERO FOTOVOLTAICO AC.  
  
El sistema fotovoltaico cuenta con Int004 inversores Growatt MIN 9000TL-X interconectado al sistema eléctrico. Para dimensionar los conductores de este tramo se debe conocer la corriente máxima de salida del inversor utilizado en la instalación.  
  
  
Tabla 6: Características técnicas del inversor. Tomada de ficha técnica del fabricante.  
  
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE.  
  
  
  
De acuerdo con el artículo 220-10. b) de la NTC 2050 el conductor seleccionado debe permitir una corriente máxima igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua. Entonces la capacidad de corriente mínima Amin del conductor a seleccionar debe ser:  
  
  
  
Por lo que el cable seleccionado debe tener una capacidad mínima de corriente de A.  
  
Para hallar el FT se recurre a la tabla 310-16 de la NTC 2050 conociendo que la temperatura máxima promedio del municipio de String001 es de aproximadamente 22 o C. El conductor de esta acometida es un cable de cobre THHN/THWN cuya temperatura nominal de operación es de 90o C.  
  
De lo anterior:  
  
  
  
Para este caso, la salida del inversor es Monofasico por lo que se cuenta con 2 cables conductores de corriente, se aplica el factor de agrupación de conductores de la nota 8 a las tablas 310-16 a la 310-19.  
  
  
  
Ahora se aplican estos factores de corrección hallados a la corriente de salida del inversor. Entonces se tiene que la capacidad de corriente AC del conductor es:  
  
  
  
  
Esta capacidad de corriente es menor que los A que según el artículo 220-10. b) de la NTC 2050 debe tener mínimamente de capacidad el conductor, por lo tanto, se concluye que el conductor a seleccionar debe tener una capacidad de corriente mínima de A.  
  
TEMPERATURA EN LOS TERMINALES.  
  
Se debe tener en cuenta la temperatura nominal de los terminales de los equipos a la hora de seleccionar el conductor adecuado.   
  
De acuerdo con el artículo 110-14 C) de la NTC2050 y el artículo 20.2.9 f) del RETIE, todos los puntos de conexión, cables y equipos en una instalación eléctrica deberán soportar 60° cuando la corriente del circuito es menor a 100A. Por lo tanto, se debe seleccionar un conductor que con una temperatura nominal de 60oC tenga una capacidad de corriente mínimamente de A.  
  
Entonces de la tabla 310-16 de la NTC 2050, se tiene:  
  
  
Tabla 7: Tabla 310-16 de la NTC 2050.  
Se selecciona entonces un cable de cobre No 6 AWG el cual de acuerdo con la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. tienen una capacidad de corriente de 55 A para una temperatura de operación de 60oC.  
  
PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.  
  
De acuerdo con el artículo 220-10 b) de la NTC 2050 se tiene que la corriente de dispositivo de protección contra sobrecorrientes IOCPD:  
  
  
  
  
  
De acuerdo con esto se escoge la protección comercial más cercana que para este caso es un breaker termomagnético bipolar de 50 A.  
  
Según el artículo 27.4.3 c) del RETIE, la corriente de disparo del interruptor no debe superar la corriente a la cual el aislamiento del conductor o los equipos asociados, alcancen la temperatura máxima de operación permitida.   
  
Entonces se debe analizar si esta protección será eficiente para el conductor seleccionado a la temperatura nominal de los conectores de los equipos asociados y a la temperatura nominal de su aislamiento aplicando los factores de corrección de temperatura.  
  
De la tabla 310-16 de la NTC 2050 se tiene que la capacidad de corriente para un cable de cobre calibre 6 AWG para una temperatura de 60ºC es de 55 A. Entonces:  
  
  
  
Además, la capacidad de corriente para un cable de cobre calibre 6 AWG para la temperatura nominal de los cables THHN/THWN de 90oC es de 75 A según la tabla 310-16 de la NTC 2050. Entonces:  
  
  
  
  
  
Por lo tanto, el breaker termomagnético de 50 A cumple con el artículo 27.4.3 c) del RETIE.  
  
  
CÁLCULO DEL CONDUCTOR A TIERRA.  
  
Según la tabla 250.95 de la NTC 2050 el conductor a tierra de equipos donde el dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de estos es de 50 A, como en este caso, debe ser mínimamente un conductor de cobre calibre 10 AWG.  
  
  
Tabla 8: Tabla 250-95 de la NTC 2050.  
El cable seleccionado para la puesta a tierra en este tramo es un cable de cobre No 10 AWG el cual cumple con los requisitos de la tabla 250-95 de la NTC 2050.  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
CONDUCTORES DESDE TABLERO FOTOVOLTAICO AC HASTA PUNTO DE CONEXIÓN EN TABLERO PRINCIPAL.  
  
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE.  
  
El sistema fotovoltaico cuenta con con Int004 inversores Growatt MIN 9000TL-X conectados. Entonces la corriente máxima a la salida del tablero fotovoltaica es:   
  
  
  
   
  
De acuerdo con el artículo 220-10. b) de la NTC 2050 el conductor seleccionado debe permitir una corriente máxima igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua. Entonces la capacidad de corriente mínima Amin del conductor a seleccionar debe ser:  
  
  
  
Por lo que el cable seleccionado debe tener una capacidad mínima de corriente de 322,50 A.  
  
Para dimensionar el cable necesario se utilizan los factores de corrección de las tablas desde la 310-16 a la tabla 310-19 de la NTC 2050.   
De la tabla 310-16 de la NTC 2050:   
  
  
  
Para este caso, la salida del tablero fotovoltaico AC es monofásica por lo que se cuenta con 2 cables conductores de corriente que van hasta el punto de interconexión del sistema solar fotovoltaico en el tablero eléctrico principal, por lo tanto, se aplica el factor de agrupación de conductores de la nota 8 a las tablas 310-16 a la 310-19.  
  
  
  
Ahora se aplican estos factores de corrección hallados a la corriente de salida del inversor. Entonces se tiene que la capacidad de corriente AC del conductor es:  
  
  
  
  
Esta capacidad de corriente es menor que los 322,50 A que según el artículo 220-10. b) de la NTC 2050 debe tener mínimamente de capacidad el conductor, por lo tanto, se concluye que el conductor a seleccionar debe tener una capacidad de corriente mínima de float012 A.  
  
  
  
TEMPERATURA EN LOS TERMINALES.  
  
Se debe tener en cuenta la temperatura nominal de los terminales de los equipos a la hora de seleccionar el conductor adecuado.   
  
Los bornes de conexión del breaker termomagnético a utilizar como protección tienen una temperatura nominal de 75°C. Por lo tanto, se debe seleccionar un conductor que con una temperatura nominal de 75ºC tenga una capacidad de corriente mínimamente de float012 A.  
  
Se selecciona entonces un paralelo de cable de cobre No 2/0 AWG el cual de acuerdo con la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. tienen una capacidad de corriente total de 350 A para una temperatura de operación de 75ºC.  
  
PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.  
  
De acuerdo con el artículo 220-10 b) de la NTC 2050 se tiene que la corriente de dispositivo de protección contra sobrecorrientes IOCPD:  
  
  
  
  
  
De acuerdo con esto se escoge la protección comercial más cercana que para este caso es un breaker termomagnético tripolar de 350 A.  
  
Según el artículo 27.4.3 c) del RETIE, la corriente de disparo del interruptor no debe superar la corriente a la cual el aislamiento del conductor o los equipos asociados, alcancen la temperatura máxima de operación permitida.   
  
Entonces se debe analizar si esta protección será eficiente para el conductor seleccionado a la temperatura nominal de los conectores de los equipos asociados y a la temperatura nominal de su aislamiento aplicando los factores de corrección de temperatura.  
  
De la tabla 310-16 de la NTC 2050 se tiene que la capacidad de corriente para un paralelo de cable de cobre calibre 2/0 AWG para una temperatura de 75ºC es de 350 A. Entonces:  
  
  
  
Además, la capacidad de corriente para un paralelo de cable de cobre calibre 2/0 AWG para la temperatura nominal de los cables THHN/THWN de 90ºC es de 390 A según la tabla 310-16 de la NTC 2050. Entonces:  
  
  
  
  
  
Por lo tanto, el breaker termomagnético de 350 A cumple con el artículo 27.4.3 c) del RETIE.  
  
  
CÁLCULO DEL CONDUCTOR A TIERRA.  
  
Según la tabla 250.95 de la NTC 2050 el conductor a tierra de equipos donde el dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de estos es de 350 A, como en este caso, debe ser mínimamente un conductor de cobre calibre 2 AWG.  
  
El cable seleccionado para la puesta a tierra en este tramo es un cable de cobre No 2 AWG el cual cumple con los requisitos de la tabla 250-95 de la NTC 2050.  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
CÁLCULO DE CANALIZACIONES  
  
CANALIZACIONES DESDE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA INVERSORES.  
En este tramo del sistema, desde la cubierta de la edificación hasta los inversores, se utilizan diversos diámetros de tubería tipo coraza liquid tight y tipo IMC en exteriores e igualmente Conduit EMT en el interior de la edificación. En el interior de la edificación y antes de ingresar a los inversores se ubica una bandeja portacables tipo malla de 10x20 cm. Se presenta a continuación el cálculo de las diferentes tuberías en este tramo del sistema.  
  
Tabla 9: Tabla 1 del capítulo 9 de la NTC 2050.  
  
  
En conclusión, las tuberías seleccionadas cumplen con lo requerido en la tabla 1 del capítulo 9 de la NTC 2050.  
  
  
BANDEJA PORTACABLES.  
  
  
En conclusión, la bandeja portacables seleccionada cumple con lo requerido en el artículo 318-10 de la NTC 2050 y articulo 20.3 i) de RETIE.  
  
CANALIZACIONES DESDE INVERSORES HASTA TABLERO FOTOVOLTAICOS AC.  
  
En este tramo del sistema, los conductores del sistema solar fotovoltaico interconectado se transportan a través de una bandeja portacables tipo malla de 10x20 cm desde los inversores hasta el tablero fotovoltaico AC. Para los inversores 2 y 4, los conductores se transportan en una tubería de tipo Conduit EMT de 1”. Se presenta a continuación el cálculo de la tubería en este tramo del sistema.   
  
  
  
En conclusión, la tubería seleccionada cumple con lo requerido en la tabla 1 del capítulo 9 de la NTC 2050.  
  
BANDEJA PORTACABLES.  
  
En conclusión, la bandeja portacables seleccionada cumple con lo requerido en el artículo 318-10 de la NTC 2050 y articulo 20.3 i) de RETIE.  
  
CANALIZACIÓN DESDE TABLERO FOTOVOLTAICOS AC HASTA PUNTO DE CONEXIÓN EN TABLERO PRINCIPAL.  
  
En este tramo del sistema, desde el tablero fotovoltaico AC hasta el tablero eléctrico principal del local 1 se utiliza una bandeja portacables tipo malla de 10x20 cm. Se presenta a continuación el cálculo de las diferentes canalizaciones en este tramo del sistema.  
  
BANDEJA PORTACABLES.  
  
  
En conclusión, la bandeja portacables seleccionada cumple con lo requerido en el artículo 318-10 de la NTC 2050 y articulo 20.3 i) de RETIE.  
  
  
  
RESUMEN DE CONDUCTORES Y CANALIZACIONES  
  
DESDE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA INVERSORES.  
Tabla 10: Resumen de selección de conductores y canalizaciones de módulos FV a inversores.  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
DESDE INVERSORES HASTA TABLERO FOTOVOLTAICO AC.  
Tabla 11: Resumen de selección de conductores y canalizaciones de inversores a tablero FV AC.  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
DESDE TABLERO FOTOVOLTAICO AC HASTA PUNTO DE CONEXIÓN EN TABLEROS PRINCIPAL.  
  
Tabla 12: Resumen de selección de conductores y canalizaciones de tablero FV AC a punto de interconexión de SSFV.  
CÁLCULO DE REGULACIÓN DE VOLTAJE.  
A continuación, se presentan los cálculos de regulación de voltaje para todos los circuitos del sistema solar fotovoltaico.  
DESDE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA INVERSORES.  
Tabla 13: Regulación de voltaje desde módulos FV a inversores.  
  
  
DESDE INVERSORES HASTA TABLERO FOTOVOLTAICO AC.  
Tabla 14: Regulación de voltaje de inversores a tableros FV AC.  
  
DESDE TABLERO FOTOVOLTAICOS AC HASTA PUNTO DE CONEXIÓN EN TABLERO PRINCIPAL.  
  
  
  
Tabla 15: Regulación de voltaje de tableros FV AC a puntos de interconexión de SSFV.  
Por lo tanto, se cumple con el articulo 27.3 c) del RETIE ya que se tiene un total de perdidas por regulación de voltaje de 2,08% en el total del sistema solar fotovoltaico.  
  
  
  
  
CÁLCULO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA  
Según las resoluciones CREG 038 de 2014 y 030 de 2018, debido a que el sistema diseñado se proyectó para inyectar energía a la red, convirtiendo al usuario en un autogenerador, el medidor existente en la edificación debe ser cambiado por un medidor bidireccional con medida hora a hora para un nivel de tensión de 240/120 V monofásico. El medidor instalado debe contar además con telemedida.   
DIAGRAMA UNIFILAR DEL PROYECTO.  
Se anexa a este documento el diagrama unifilar eléctrico de diseño.  
DESVIACIÓN DE LA NTC 2050 Y RETIE.  
Se declara que todos los calculo realizados en estas memorias están basados en la norma NTC 2050 y el RETIE, por lo que no hay desviaciones técnicas a la norma.  
  
  
  
  
  
  
  
SANTIAGO JARAMILLO MIRANDA  
Ingeniero Electricista  
T.P: AN205-93816  
FECHA: febrero de 2024.