

MEMORIA EXPLICATIVA

Proyecto fotovoltaico CEIA Escuela Juanita Zuñiga Fuentes de Parral

Contenido

CAPÍTULO 1. GENERAL	0
1.1 Descripción Global de la instalación	0
1.2 Reglamento	0
1.3 Modificaciones	1
1.4 Condiciones y/o exigencias	1
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ON GRID	2
2.1 Lugar geográfico	2
2.2 Cliente	3
2.3 Tipos de generadores	3
2.4 Paneles y string	3
2.5 Protecciones.....	4
2.6 Puesta a tierra.....	5
2.7 Sistema CC, CA y Generador	5
2.7.1 Inversor	5
2.7.2 Tablero CC	5
2.7.3 Tableros CA	5
2.7.4 Empalme	5
2.7.5 Generador	5
2.7.6 Canalizaciones	5
2.7.7 Conductores en CC	6
Caída de tensión	6
CAPÍTULO 3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	7
3.1 Cálculo y dimensionamiento de conductores	7
3.1.1 Criterios	7
3.1.2 Cálculo en CC	8
3.1.3 Cálculo en CA	11

Cálculo de caída de tensión en CA	14
3.2 Cálculos, coordinación y selectividad de protecciones.....	15
3.2.1 Cálculo de protección en CC	15
3.2.2 Cálculo de protección en CA	15
3.3 Cálculo del diámetro de la canalización	15
 CAPÍTULO 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	 16
4.1 Paneles solares.....	16
4.2 Inversores	17
4.3 Estructura de soporte.....	18
4.4 Cableado	18
4.4.1 Cable CC	18
4.4.2 Cable CA	18
4.5 Canalizaciones.....	19
4.6 Tablero T.FV.Aux.	19
 CAPÍTULO 5. CUBICACIÓN DE LOS MATERIALES	 20
5.1 Componentes generales.....	20
5.2 Estructura.....	20
 CAPÍTULO 6. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	 20

Capítulo 1. General

1.1 Descripción Global de la instalación

La planta consiste en una instalación de paneles fotovoltaicos con la producción de energía destinada al Autoconsumo e Inyección de la energía restante. Para esta instalación eléctrica, se encuentra la planta solar propiamente tal y un circuito destinado a transmitir la energía desde la planta hacia el tablero general de conexión de la propiedad.

Las presentes especificaciones generales, tienen por objeto señalar las características principales de los materiales que se utilizaron en la ejecución de la instalación.

El proyecto Fotovoltaico denominado “Proyecto Fotovoltaico CEIA Escuela Juanita Zúñiga Fuentes de Parral”, perteneciente a “Ministerio de energía” a través del programa de Techos solares públicos, corresponde a un sistema fotovoltaico On grid de 20,15kWp de potencia instalada, con 1 inversor y 1 tablero general fotovoltaico nuevo. La alimentación del lugar es trifásica. Los datos técnicos principales del proyecto son los siguientes:

Dispositivo	Descripción
Paneles	62xHanwha Q Cells Q-Power L-G5. 325
Estructura	Alusin Bulnes
Inversores	<ul style="list-style-type: none"> 1 x Fronius Symo 20.0-3-M
Tableros	<ul style="list-style-type: none"> Nuevo tablero general y fotovoltaico T.G. y FV. T.G. Tablero de conexión

1.2 Reglamento

Estas especificaciones técnicas generales fueron respetadas y realizadas por el instalador eléctrico responsable de la ejecución de las instalaciones proyectadas.

Los trabajos se ejecutaron acorde a la normativa técnica de conexión y operación de equipamiento de baja tensión, en conjunto con los instructivos técnicos RGR N°1 y RGR N°2 para instalaciones fotovoltaicas, además de contemplar la normativa vigente NCh 4/2003.

1.3 Modificaciones

No se podrán realizar cambios a lo establecido en la presente especificación técnica o planos que comprende la instalación, sin la debida autorización escrita de los propietarios en conjunto con la debida certificación de un instalador autorizado por la S.E.C.

1.4 Condiciones y/o exigencias

Se adquirió el compromiso del contratista eléctrico, en este caso, la empresa Flux Solar Limitada para llevar a cabo la inscripción de la obra ante la S.E.C, presentando los planos eléctricos (As Built), considerando todo tipo de modificación y/o ampliación que se pudo haber hecho en el transcurso de esta. La instalación fue realizada bajo la supervisión de un instalador eléctrico autorizado por la S.E.C clase "A". Todo el material utilizado en la obra fue adquirido de fábrica y contó con la aprobación vigente de la S.E.C. Fue de cargo de la empresa contratista, todos los materiales o equipamiento utilizado, salvo especificación expresa de lo contrario.

Capítulo 2. Descripción del sistema On Grid

2.1 Lugar geográfico

El proyecto fotovoltaico que describe esta memoria explicativa tiene lugar en Urrutia 420, Parral, El Maule, Chile.

A continuación se puede ver el Mapa de la ubicación:

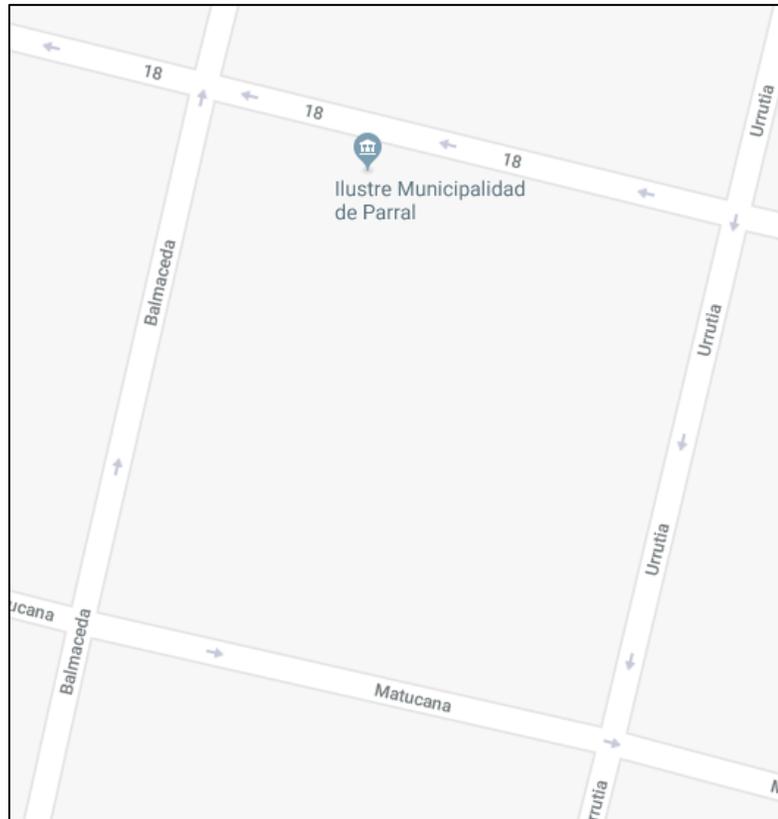


Imagen 1. Mapa de referencia del proyecto.

Coordenadas UTM:

X: 246101 E

Y: 5996571 S

Huso: 19

2.2 Cliente

El cliente es “Ministerio de Energía”

2.3 Tipos de generadores

Este es un proyecto de generación residencial del tipo On grid o Conectado a red, que contempla la utilización de energía solar a través de un sistema fotovoltaico con inversores sin almacenar energía en baterías.

2.4 Paneles y string

Para llevar a cabo este proyecto se dispuso de módulos fotovoltaicos policristalinos de la marca Hanwha Q Cell modelo Q-Power L-G5 de 325W de potencia. Los string se configuraron como muestra la siguiente tabla:

String	Cantidad de paneles	Orientación	Estructura	Potencia (kWp)	Voltaje Operación (V)
1	16	Norte	Bulnes	5200	600
2	16	Norte	Bulnes	5200	600
3	15	Norte	Bulnes	4875	562.5
4	15	Norte	Bulnes	4875	562.5

La conexión de los string a los inversores queda de la siguiente forma:

String	Inversor N°	Entrada Seguidor MPP
1	1 (Fronius Symo 20.0-3-M)	1.1
2	1 (Fronius Symo 20.0-3-M)	1.2
3	1 (Fronius Symo 20.0-3-M)	2.1
4	1 (Fronius Symo 20.0-3-M)	2.2

2.5 Protecciones

Las protecciones del lado de CC son:

- Fusibles MC4 de 15A y 1000VDC. Marca Slocable, Solar PV Fuse.
Estos se conectan directamente como conectores portafusible MC4. Se prescinde de un tablero en el lado de corriente continua, por lo que estos fusibles están en una caja galvanizada de 300x200mm antes del inversor.

Las protecciones del lado de CA son:

T.G.

- Un interruptor termomagnético General de 3 x 40A, 25kA, curva C. General
- Un Interruptor termomagnético 4x40A, 10kA, curva C. (Inversor) (Sist. FV)
- Un interruptor termomagnético General de 3 x 40A, 10kA, curva C. (Consumo)

T.G. y FV.

- Un interruptor termomagnético General de 3 x 40A, 10kA, curva C.
- Un Interruptor termomagnético 4x32A, 10kA, curva C. (Inversor)
- Un Diferencial 4x40, 300mA. Clase A. (Inversor)
- Un Interruptor termomagnético 1x10A, 10kA, curva C. (Monitoreo)

2.6 Puesta a tierra

La medición de tierra arrojó 0.068 Ohm. Tierra existente.

2.7 Sistema CC, CA y Generador

2.7.1 Inversor

La instalación cuenta con 1 inversor string de la marca Fronius. Modelo Fronius Symo20.0-3-M, cuya capacidad máxima de salida AC es de 20KVA.

2.7.2 Tablero CC

No se dispone de tableros en el lado de corriente continua. Se dispone de una bandeja porta conductores bajo el inversor en la cual se sitúan fusibles MC4 para proteger el circuito en **CC**.

2.7.3 Tableros CA

Se cuenta con un tablero de CA llamado Tablero General y Fotovoltaico T.G.FV. En este se encuentran protecciones de los consumos, del circuito fotovoltaico y su protección general.

2.7.4 Empalme

Empalme trifásico. La capacidad del empalme se proyectó de acuerdo con la información entregada en el Formulario de respuesta a Solicitud de conexión por parte de la empresa distribuidora, que corresponde a 30kW.

2.7.5 Generador

Se puede considerar a cada circuito de CC con su inversor una unidad de generación. Por lo que se tienen 1 unidad de generación de 20kW.

2.7.6 Canalizaciones

Para detalles sobre canalizaciones ver plano “Canalizaciones”

2.7.7 Conductores en CC

El cable utilizado en el lado de corriente continua para conectar los string al inversor es Cable Top Solar ZZF de 4mm² de sección. Los metros de cable utilizados son:

String N°	Cable positivo (m)	Cable negativo (m)	Suma (m)
1	34	65	99
2	21	53	74
3	30	78	108
4	25	47	72

Caída de tensión

La caída de tensión en CC es menor a 1,5% para cada string, mientras que la caída de tensión en suma de los tramos en CA es menor a 3% en cada fase. Para más detalle ver capítulo 3.

Capítulo 3. Cálculos justificativos

3.1 Cálculo y dimensionamiento de conductores

3.1.1 Criterios

- Según RGR N° 02/2017 numeral 11.18, los conductores del lado de CC, deberán ser dimensionados para transportar una corriente no inferior a 1,25 veces la corriente máxima del circuito fotovoltaico.
- El numeral 14.8 de RGR N° 02/2017, dice que los dispositivos de sobrecorriente en el lado CC, serán dimensionados para conducir una corriente no inferior a 1,25 veces la máxima corriente del string y no deberá ser superior a la corriente inversa máxima que soportan los módulos que forman parte del string.
- Se debe considerar que el Artículo 8.1.2.3 de la NCh 4/2003 señala que la corriente máxima de servicio que puede transportar un conductor disminuye según factores de corrección y cuando es canalizado junto a más conductores y también cuando la temperatura ambiente excede de los 30°C, como es señalado en la expresión:

$$I_s = I_t f_t f_n$$

Donde I_s es la corriente de servicio del conductor, f_n es el factor de corrección por cantidad de conductores en tubería, f_t es el factor de corrección por variación de temperatura ambiente y finalmente I_t es la corriente máxima que puede transportar el conductor por tabla.

- En el caso de **corriente alterna** el numeral 11.19 de RGR N° 02/2017, dice que los conductores del lado de CA, deberán ser dimensionados para una corriente no inferior a 1,25 veces la máxima intensidad de corriente del inversor y deberán quedar protegidos por el dispositivo de sobrecorriente establecido en el punto 14.15
- Según el numeral 11.17 de la instrucción técnica se tiene que cumplir que los conductores de la unidad de generación (Lado CC) deberán tener una sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.
- Según el numeral 11.20 de la instrucción técnica RGR N° 02/2017 Los alimentadores o conductores del lado de CA de la unidad de generación

deberán tener una sección adecuada para evitar las caídas de tensión y calentamientos, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión entre el punto de conexión a la red y la unidad de generación sea inferior del 3%.

- La resistencia de un conductor se obtiene de la expresión:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde:

- R : Resistencia del conductor
 - ρ : Resistividad ($0,0172 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$)
 - L : Longitud total del conductor (Suma negativo más positivo en CC)
 - S : Sección del conductor
- La caída de tensión para CC se obtiene de:

$$\%V_{cc} = \frac{IR}{V_{cc}}$$

Donde:

- $\%V_{cc}$: porcentaje de caída de tensión
 - V_{cc} : Tensión entre negativo y positivo. (Por ejemplo la tensión del string)
 - I : Intensidad de la corriente nominal (Paneles fotovoltaicos)
 - R : Resistencia del conductor.
- La caída de tensión para CA se obtiene de en porcentaje de:

$$\%V_L = \frac{\sqrt{3}IR}{V_L} 100$$

Donde:

- $\%V_L$: Porcentaje de caída de tensión
 - I : Intensidad de corriente nominal
 - R : Resistencia del conductor
- V_L : Tensión entre fases

3.1.2 Cálculo en CC

En este caso se utilizó un conductor Top solar ZZ-F de 4mm² calculado de la siguiente forma. La corriente máxima admisible según el fabricante será de $I_s=44$ A. Además en este caso se tiene un $f_n = 1$ (Tabla 8.8 de Norma 4/2003) debido a que van a lo más 4 conductores

por tubería. Por otra parte, aplicamos los factores de corrección por temperatura de la Tabla 1 del RGR 02/2017 a 50°C.

Tabla N° 8.8
Factor de Corrección de Capacidad de Transporte de Corriente por Cantidad de Conductores en Tubería.

Cantidad de conductores	Factor de corrección f_n
4 a 6	0,8
7 a 24	0,7
25 a 42	0,6
sobre 42	0,5

Tabla N°1.

Temperatura Ambiente °C	Temperatura nominal de los conductores			
	60°C	75°C	90°C	105°C
30	1	1	1	1
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	0,058	0,75	0,82	0,86
51-55	0,041	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

Por lo tanto, en este caso la corriente máxima admisible del conductor Top solar ZZ-F de 4mm² será:

$$I_s = I_t f_t f_n = 44 \times 0,82 \times 0,71 = 25,6A$$

Se verifica que la capacidad del cable $I_s = 25,6A$ es mayor a $1,25 \times I_{cc} = 1,25 \times 9,2$, es decir mayor a 11,5A. También $I_s = 25,6A$ es mayor a la máxima corriente inversa del string (Máxima corriente inversa=20A) Por lo tanto, se cumple con los criterios establecidos en el RGR02-2017 y el cable está correctamente dimensionado siendo capaz de admitir las corrientes de los circuitos de CC.

Cálculo de sección mínima:

Para calcular la mínima sección que podemos ocupar se requiere asumir el peor caso, es decir el tramo más largo entre los tramos de los distintos string.

En este caso el tramo más largo se recorrerá desde el string 3, con una distancia de 108m entre cable positivo y negativo.

La corriente de operación del string la obtenemos de los datos del módulo, esta es de 8,67A.

La resistencia viene dada por la fórmula:

$$1) \text{ Resistencia: } R = \rho \frac{L}{S}$$

Mientras que el porcentaje de caída de tensión será:

$$2) \%V_{cc} = \frac{IR}{V_{cc}} 100$$

Donde Vcc es el voltaje de operación del string $V_{cc}=562,5V$ y %Vcc es el porcentaje que la norma nos exige no superar de Vcc, es decir 1,5%.

Reemplazando 1) en 2) y despejando la sección del conductor S, obtenemos:

$$3) S = \frac{100I\rho L}{\%V_{cc}V_{cc}}$$

Reemplazando los valores en 3) tenemos:

$$4) S = \frac{100 \times 8,67 \times 0,0172 \times 108}{1,5 \times 562,5} = 1,5 \text{mm}^2$$

Por lo tanto la sección mínima que se puede ocupar en corriente continua es de 1,5mm². Por lo que se escogió un cable de 4mm².

Verificación caída de tensión con el cable escogido de 4mm²

Datos de la instalación:

- $\rho: 0,0172 \frac{\Omega \text{mm}^2}{m}$ (Resistividad del cobre)
- S: 4mm²

- V_{cc} : ST1=ST2=600V ST3=ST4=562,5V (Voltaje de operación de los strings)
- La corriente de operación es 8.67A
- Largo del lazo de string en la siguiente tabla

String N°	Cable positivo (m)	Cable negativo (m)	Suma (m)
1	34	65	99
2	21	53	74
3	30	78	108
4	25	47	72

Por lo tanto ocupando las expresiones:

$$\text{Resistencia: } R = \rho \frac{L}{S}$$

y

$$\text{Caída de tensión} \quad V_{cc} = IR$$

$$\text{Porcentaje caída de tensión} \quad \%V_{cc} = \frac{IR}{V_{cc}} 100\%$$

Obtenemos los siguientes resultados reemplazando los datos por string:

Tramo	R (Ohm)	L (m)	Caída de tensión (V)	Porcentaje caída de tensión (%)
String1-Inv1	0,425	99	3,69	0,615
String2-Inv1	0,318	74	2,75	0,459
String3-Inv1	0,464	108	4,02	0,715
String4-Inv1	0,309	72	2,68	0,477

Por lo tanto, se cumple con una caída de tensión inferior al 1.5% en la suma de los tramos que recorre cada string de corriente continua.

3.1.3 Cálculo en CA

Por otra parte entre el Inversor y el tablero T.G.y FV se ocupó cordón RVK de 5x10mm² calculado de la siguiente forma. La corriente máxima admisible según fabricante a 20° C será

de $I_s = 61A$. Además en este caso se tiene un $f_n = 1$ debido a que van siempre menos de 4 conductores por tubería (1 cordón). Por otra parte, según la tabla N° 1 de la norma técnica RGR02-2017 y tomando como referencia 50° C, se tendrá un factor de corrección $f_t = 0,82$.

Por lo tanto, en este caso la corriente máxima admisible del conductor RVK de 6mm² será:

$$I_s = I_t f_t f_n = 61 \times 0,82 \times 1 = 50.02A$$

La corriente máxima en CA viene dada por:

$$- I = P / (\sqrt{3} V_L) = 20000 / 1,73 \times 380 = 30.38A$$

Por lo que se verifica que $I_s = 50.02A$ es mayor a $1,25 \times 30.38A$ es decir mayor a 37.98A. Además este cable queda protegido por su dispositivo de sobrecorriente de 32A asociado. Por lo tanto, el cable está correctamente dimensionado según el RGR02-2017.

Así también entre el T.G.y FV y el empalme se ocupó cordón RVK de 5x16mm² calculado de la siguiente forma. La corriente máxima admisible según fabricante a 20° C será de $I_s = 79A$. Además en este caso se tiene un $f_n = 1$ debido a que van siempre menos de 4 conductores por tubería (1 cordón). Por otra parte, según la tabla N° 1 de la norma técnica RGR02-2017 y tomando como referencia 50° C, se tendrá un factor de corrección $f_t = 0,82$.

Por lo tanto, en este caso la corriente máxima admisible del conductor RVK de 6mm² será:

$$I_s = I_t f_t f_n = 79 \times 0,82 \times 1 = 65A$$

La corriente máxima en CA viene dada por:

$$- I = P / (\sqrt{3} V_L) = 20000 / 1,73 \times 380 = 30.38A$$

Por lo que se verifica que $I_s = 65A$ es mayor a $1,25 \times 30.38A$ es decir mayor a 37.98A. Además este cable queda protegido por su dispositivo de sobrecorriente de 32A asociado. Por lo tanto, el cable está correctamente dimensionado según el RGR02-2017.

Los datos se obtuvieron de la siguiente tabla:

Dimensiones

Sección mm ²	Diámetro mm	Peso kg/km	Aire libre a 30°C A	Enterrado a 20°C A	Caída tensión V/A · km
1 x 1,5	5,7	41	21	22	29,5
1 x 2,5	6,2	53	29	29	17,7
1 x 4	6,7	69	40	37	11,0
1 x 6	7,2	89	53	46	7,32
1 x 10	8,2	134	74	61	4,23
1 x 16	9,3	193	101	79	2,68
1 x 25	10,9	284	135	101	1,73
1 x 35	12,1	377	169	122	1,23
1 x 50	13,8	522	207	144	0,860
1 x 70	15,9	721	268	178	0,603
1 x 95	17,6	913	328	211	0,457
1 x 120	19,5	1.156	383	240	0,357
1 x 150	21,7	1.450	444	271	0,286
1 x 185	23,9	1.745	510	304	0,235
1 x 240	26,9	2.285	607	351	0,178
1 x 300	29,6	2.844	703	396	0,142
1 x 400	33,8	3.726	823	464	0,108
1 x 500	37,4	4.728	946	525	0,085
1 x 630	42,7	6.088	1088	596	0,064
2 x 1,5	8,4	91	26	26	34,0
2 x 2,5	9,5	121	36	34	20,4
2 x 4	10,6	162	49	44	12,7
2 x 6	11,4	208	63	56	8,45
2 x 10	14,4	346	86	73	4,89
2 x 16	16,6	512	115	95	3,10
3 x 1,5	9	108	26	26	34,0
3 x 2,5	10	145	36	34	20,4
3 x 4	11,1	196	49	44	12,7
3 x 6	12,3	262	63	56	8,45
3 x 10	15,2	434	86	73	4,89
3 x 16	17,6	645	100	79	2,68
3 x 25	21,1	972	127	101	1,73
3 x 35	24,1	1.306	158	122	1,23
3 x 50	27,8	1.822	192	144	0,860
3 x 70	30,8	2.464	246	178	0,603
3 x 16/10	18,7	749	100	79	2,68
3 x 25/16	22,1	1.112	127	101	1,73
3 x 35/16	24,6	1.425	158	122	1,23
3 x 50/25	29,1	2.045	192	144	0,860
3 x 70/35	33,8	2.832	246	178	0,603
3 x 95/50	37,7	3.628	298	211	0,457
3 x 120/70	42,9	4.706	346	240	0,357
3 x 150/70	46,8	5.747	399	271	0,286
3 x 185/95	53,5	7.174	456	304	0,235
3 x 240/120	60,4	9.300	538	351	0,178
4 x 1,5	9,6	128	23	22	29,5
4 x 2,5	10,8	174	32	29	17,7
4 x 4	12,1	241	42	37	11,0
4 x 6	13,3	322	54	46	7,32
4 x 10	16,5	537	75	61	4,23
4 x 16	19,6	817	100	79	2,68
4 x 25	23,1	1.201	127	101	1,73
4 x 35	26,1	1.642	158	122	1,23
4 x 50	31,3	2.327	192	144	0,860
4 x 70	36,1	3.206	246	178	0,603
4 x 95	40,4	4.092	298	211	0,457
4 x 120	45,4	5.227	346	240	0,357
4 x 150	50,4	6.600	399	271	0,286
4 x 185	56,1	8.026	456	304	0,235
4 x 240	63,1	10.491	538	351	0,178
5 x 1,5	10,7	153	23	22	29,5
5 x 2,5	11,9	210	32	29	17,7
5 x 4	13,3	291	42	37	11,0
5 x 6	14,7	393	54	46	7,32
5 x 10	18,0	654	75	61	4,23
5 x 16	21,6	1.013	100	79	2,68
5 x 25	25,6	1.506	127	101	1,73
5 x 35	29,1	2.040	158	122	1,23
5 x 50	34,5	2.895	192	144	0,860

Cálculo de caída de tensión en CA

La corriente máxima será:

$$- \text{ Inversor } I = P / (\sqrt{3} V_L) = 20000 / 1,732 * 380 = 30,38A$$

La resistencia viene dada por la fórmula:

$$5) \text{ Resistencia: } R = \rho \frac{L}{S}$$

Mientras que el porcentaje de caída de tensión será:

$$6) \%V_L = \frac{\sqrt{3}IR}{V_L} 100\%$$

Donde V_L es el voltaje de línea del $V_L=380V$ y $\%V_L$ es el porcentaje que la norma nos exige no superar de V_L , es decir 3%.

Ocupando los cables mencionados anteriormente de 10mm² y de 16mm² de sección y reemplazando los valores en las ecuaciones por tramo tendremos:

Cálculos alimentador FV CA	
Tramo	Datos
Inv.-T.G. y FV	$V_L=380V$ $P=20KW$ $I=20000/380/1,732=30,38A$ $L=2m$ $S=10mm^2$ $Rho=0,0172(Ohm*mm^2/m)$
T.G. y FV - T.G	$V_L=380V$ $P=20KW$ $I=20000/380/1,732=30,38A$ $L=5m$ $S=16mm^2$ $Rho=0,0172(Ohm*mm^2/m)$
T.G. - Empalme	$V_L=380V$ $P=20KW$ $I=20000/380/1,732=30,38A$ $L=2m$ $S=16mm^2$ $Rho=0,0172(Ohm*mm^2/m)$
Tramo	Corriente máxima admisible
Inv.-T.G. y FV	$I_s = I_{fr} = 61 * 0,82 * 1 = 50A > 1,25 * 30,38 = 37,97A$
T.G. y FV - T.G	$I_s = I_{fr} = 79 * 0,82 * 1 = 65A > 1,25 * 30,38 = 37,97A$
T.G. - Empalme	$I_s = I_{fr} = 79 * 0,82 * 0,6 = 65A > 1,25 * 30,38 = 37,97A$
Tramo	Caída de tensión
Inv.-T.G. y FV	$\%V_L = 1,73 * IR / V_L = 1,73 * 30,38 * 0,0034 / 380 = 0,047\%$
T.G. y FV - T.G	$\%V_L = 1,73 * IR / V_L = 1,73 * 30,38 * 0,0053 / 380 = 0,744\%$
T.G. - Empalme	$\%V_L = 1,73 * IR / V_L = 1,73 * 30,38 * 0,0021 / 380 = 0,029\%$

Por lo tanto, se cumple con una caída de tensión inferior al 3% en cada fase de CA sumando todos los tramos que se recorren desde ambos inversores hasta el empalme.

3.2 Cálculos, coordinación y selectividad de protecciones.

3.2.1 Cálculo de protección en CC

La capacidad de la protección en CC debe estar entre $1.25 \times I_{cc}$ (Del String) y la máxima corriente inversa del string. La corriente de cortocircuito es 9,2A y la corriente máxima inversa es de 20A.

Luego:

$$1,25I_{cc} \leq \text{Protección(Amperes)} \leq I_{invMáx}$$

En este caso con una porta fusible MC4 de 15A se comprueba que:

$$1,25 * 9,2A = 11,5 \leq 15A(\text{Protección}) \leq 20A(I_{invMáx})$$

Por lo tanto, la protección del lado de CC está correctamente dimensionada.

3.2.2 Cálculo de protección en CA

Selección de la protección fotovoltaica en CA

Para el cumplimiento al RGR02-2017 se escogió:

- Para inversor de 20 kW se ha puesto un diferencial de 40 A, 300mA.
- Interruptor termomagnético tetrapolar de 32A, 10kA y curva C para inversor de 20kW.

Con estas protecciones se da cumplimiento a la norma.

3.3 Cálculo del diámetro de la canalización

Todos los tramos cumplen con la norma. Es decir la suma del área transversal de los cables no supera un 35% de ocupación del área transversal de la tubería en ningún tramo de canalización.

Capítulo 4. Especificaciones Técnicas

4.1 Paneles solares

Los paneles utilizados son marca Hanwha Q Cells Q-Power L-G5. 325, certificados por la S.E.C. Sus datos más relevantes son los siguientes. Para más detalles ver anexos.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS							
POWER CLASS		315	320	325	330	335	
MINIMUM PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS, STC ¹ (POWER TOLERANCE +5W / -0W)							
Minimum	Power at MPP ²	P _{MPP} [W]	315	320	325	330	335
	Short Circuit Current [*]	I _{SC} [A]	9.11	9.15	9.20	9.30	9.40
	Open Circuit Voltage [*]	V _{OC} [V]	45.7	45.8	46.0	46.1	46.3
	Current at MPP [*]	I _{MPP} [A]	8.50	8.61	8.67	8.76	8.87
	Voltage at MPP [*]	V _{MPP} [V]	37.1	37.2	37.5	37.7	37.8
	Efficiency ²	η [%]	≥ 16.2	≥ 16.4	≥ 16.7	≥ 16.9	≥ 17.2
MINIMUM PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CONDITIONS, NOC ³							
Minimum	Power at MPP ²	P _{MPP} [W]	232	235	239	243	247
	Short Circuit Current [*]	I _{SC} [A]	7.37	7.40	7.44	7.52	7.60
	Open Circuit Voltage [*]	V _{OC} [V]	42.9	43.0	43.1	43.2	43.4
	Current at MPP [*]	I _{MPP} [A]	6.79	6.88	6.93	7.00	7.09
	Voltage at MPP [*]	V _{MPP} [V]	34.1	34.2	34.5	34.7	34.8
¹ 1000W/m ² , 25°C, spectrum AM 1.5G ² Measurement tolerances STC ±3%; NOC ±5% ³ 800W/m ² , NOCT, spectrum AM 1.5G * typical values, actual values may differ							

4.2 Inversores

El inversor utilizado para el proyecto corresponde a un inversor trifásico marca Fronius modelo Symo 20.0-3-M, sus datos más relevantes son los siguientes. Se adjunta anexo con todas las características. A continuación los datos más relevantes:

Fronius Symo 20.0-3-M (Más a la derecha en la imagen):

DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	27 A / 16,5 A ¹⁾		33 A / 27 A		
Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$)	43,5 A		51,0 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ / MPP ₂)	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)	200 V				
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	200 V				
Tensión de entrada nominal ($U_{dc\ r}$)	600 V				
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)	1.000 V				
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	270 - 800 V	320 - 800 V	370 - 800 V	370 - 800 V	420 - 800 V
Número de seguidores MPP	2				
Número de entradas CC	3+3				
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	15,0 kW _{peak}	18,8 kW _{peak}	22,5 kW _{peak}	26,3 kW _{peak}	30,0 kW _{peak}
DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ($\cos \psi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.				

4.3 Estructura de soporte

La estructura Alusín Solar modelo Bulnes. Características:

- Perfiles, grapas y accesorios elaborados en aluminio.
- Tornillería en acero inoxidable A2 y A4 en caso de ambientes muy agresivos.
- Sistema de fijación con incorporación de Juntas EPDM y adhesivo a doble cara, que aseguran la estanqueidad y resistencia a gradientes de temperatura y a los rayos UV.
- Opción de tuercas antirrobo, sistema de ranuras para tornillos.
- Material 100% reciclable.
- Peso aproximado con tornillería: Panel horizontal, 3,25kg/m². Panel vertical, 2,49kg/m².
- Viento: Hasta 240 km/h. Nieve: Hasta 2kN/m².
- Diseño según Euro-código. Sistema de fijación de paneles universal.
- Grapas especiales dedicadas a la película fina y frameless.

4.4 Cableado

4.4.1 Cable CC

Cable top Solar de 4mm² de sección. 1,8kV en CC, temperatura de servicio de 90°. Corriente máxima de transporte 55 A, a 40° C al aire. Intensidad adyacente a superficie de 44 A.

4.4.2 Cable CA

- En el caso de corriente alterna se utilizó un conductor RVK Reviflex de 6mm² y 10mm². Cable de cobre blando flexible, conductor Multipolar, con aislación de polietileno reticulado (XLPE), compuesto termoplástico de Policloruro de Vinilo (PVC). Color: Negro. Aplicaciones: Conductores de potencia y control para instalaciones fijas. Especialmente diseñado para ser usado en edificios residenciales, comerciales, industriales y subestaciones. Se caracteriza por su alta flexibilidad lo que permite una fácil instalación. Puede ser instalado de forma aérea, en bandeja, en ducto, directamente enterrado y de buen comportamiento en lugares húmedos, puede estar temporalmente sumergido en agua. Capacidad Máxima de Corriente:
- 6mm²: En ductos a temperatura ambiente de 30°C 46 Amperes. Conductor al aire libre, a 30°C 53 Amperes.
- 10mm²: En ductos a temperatura ambiente de 30°C 61 Amperes. Conductor al aire libre, a 30°C 74 Amperes.

4.5 Canalizaciones

Tubería metálica galvanizada en CC de 1" y 1 1/4" Recubrimiento exterior e interior galvanizado exento de cromados. En extremo es roscada con hilo NPT. Una copla por tira, hilo recto.

Caja galvanizada. Dimensiones: 100x100mm y 150x150.

Canal metálica galvanizada. 100x50mm.

Tubería Flexible metálica 3/4" y 1 1/4". Compuesta de fleje de acero laminado en frío y galvanizado en caliente. Cubierta de PVC. IP66. Estándar UL-797

4.6 Tablero T.FV.Aux.

Tablero	Datos
Largo	600
Ancho	400
Profundidad	250
IP	65
Material	Acero laminado conformado en frío
Tratamiento anticorrosivo	En base a fosfato de zinc
Sello puerta	Goma esponja
Cierre	Estándar extraíble con bisagras interiores
Color de placa porta equipo	Naranja
Color	Ral-7032 (Beige)
Pernos de tierra	1/4"
Contratapa	600 x 400 mm / Acero laminado

Capítulo 5. Cubicación de los materiales

5.1 Componentes generales

Cubicación general	
Producto	Cantidad
Tablero metalico 600x400x250	1
Panel Hanwha 325W	62
Inversor Fronius Symo 20.0-3-M	1
Cable verde tierra 4mm2	80m
Cable Top Solar ZZF 4mm2 rojo	100m
Cable Top Solar ZZF 4mm2 negro	140m
Cable Multiflex RVK 5x10mm2	50m

5.2 Estructura

Cubicación general	
Producto	Cantidad
Alusin Bulnes 30º	54
Tuerca Biselada M8	160
Grapa final universal	72
Perno Cabeza de Martillo 65mm	72
Grapa Intermedia	88
Perno Cabeza de Martillo 60mm	88
TORNILLO AUTOTALADRANTE EJOT PARA ALUMINIO O ACERO JT3-6-5,5 X 70MM E16/2	108
GOMA EPDM	108

Capítulo 6. Estimación de la producción de energía

Para detalles sobre simulación consultar anexo adjunto “CEIA Escuela Juanita Zúñiga Fuentes”