

DIMENSIONADO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS

Rodrigo Pérez Ramírez
Master Europeo en Energías Renovables
Universidad de Zaragoza
Zaragoza, España

1.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es el cálculo y dimensionado del suministro de energía eléctrica a ocho viviendas de cuatro personas cada una que forman un albergue rural, mediante un sistema fotovoltaico centralizado híbrido.

El sistema híbrido está formado por un grupo electrógeno que funcionará solamente cuando el sistema fotovoltaico este inutilizable, o cuando alguien requiera energía eléctrica desde la toma de que hay instalada en la caseta del electrógeno, esta toma sale del electrógeno y es en corriente alterna a 110 V.

El electrógeno cuando funciona para sustituir el trabajo del sistema fotovoltaico, suministra energía a los reguladores en corriente continua, para que estos puedan almacenar energía en las baterías y puedan suministrar energía al consumo de las viviendas. La conversión de la energía eléctrica alterna en energía eléctrica continua se realiza mediante un rectificador o convertidor que pasa la tensión de 110 V en C.A a 48 V en C.C.

El sistema fotovoltaico está formado por unos paneles o módulos fotovoltaicos encargados de convertir la energía solar en energía eléctrica para el consumo de las viviendas. La energía eléctrica que procede de los módulos fotovoltaicos será almacenada en unas baterías para el suministro de energía eléctrica del albergue rural para cuando no exista horas de suministro de energía solar. Las baterías están calculadas para suministrar energía al albergue para cuando exista una insuficiencia energética de aporte de energía solar durante seis días. Entre las baterías y los módulos fotovoltaicos se acoplará cinco reguladores que son los encargados de proteger las baterías contra sobrecargas o sobredescargas de energía. Para el consumo de energía eléctrica alterna se utilizará un inversor que convertirá la energía continua procedente de las baterías en energía alterna. Esta instalación estará provista de sistemas de control y de protección, así como de aislamiento.

2.- DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1.- UBICACION

Este proyecto será ubicado en la comunidad indígena de San Pedro Loma Larga, Municipio de San Andrés Paxtlán, Oaxaca México, conformada por ocho viviendas.

Se localiza en la parte sur del estado, en las coordenadas 96° 30' longitud oeste, 16° 13' latitud norte y a una altura de 2,000 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de Miahuatlán de Porfirio Díaz; al sur con San Mateo Río Hondo; al oriente con

Santo Tomás Tamazulapan; al este con Miahuatlán de Porfirio Díaz. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 123 kilómetros y La superficie del municipio tiene 77.83 km² que representan el 0.1% del total del territorio estatal.

El clima es templado con lluvias en verano. Las precipitaciones anuales suelen ser de 600 l/m². La energía disponible del sol suele ser de 5.79 Kwh/m²-día. Los vientos soplan del Sudoeste con poca fuerza y alcanzan velocidades de 20 km/hora.

La línea eléctrica más próxima a la comunidad está situada a 15 Km. Por lo que el coste de suministrar energía eléctrica a través de una línea eléctrica es considerable debido a la distancia que existe entre la comunidad y la línea más próxima.

Por estas características climatológicas y de situación la instalación fotovoltaica puede realizarse sin problemas con un ahorro económico considerable frente otros sistemas de suministro de energía eléctrica como puede ser el paso de una línea de media tensión por el albergue.

3.2.- DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO

Los datos de partida son de gran importancia en el desarrollo de un proyecto, ya que de ellos dependen los cálculos realizados, y por lo tanto los resultados del proyecto. De manera que estos datos serán definidos, con la mayor exactitud posible para obtener unos resultados satisfactorios en el desarrollo del proyecto. Siendo estos datos los siguientes:

3.2.1.- DATOS REFERIDOS A LOS HABITANTES DE LA COMUNIDAD RURAL

La comunidad está formada por 8 viviendas y cada vivienda tiene espacio para 1 familia de 4 personas. El hábito de consumo eléctrico de cada familia viviendo en el campo será de un 50% menor que el de ciudad. El grado de ocupación de la vivienda será del 75% durante todo el año. (12 meses al año)

3.2.2.- DATOS METEOROLOGICOS

Los datos meteorológicos de la comunidad se resumen en la siguiente tabla, que recoge los valores medios de cada fenómeno meteorológico, durante diez años. No obstante se resumen los de más importancia para el diseño de la instalación fotovoltaica mediante energía solar:

- La irradiación solar diaria media anual es de 5.79 Wh/m²
- El número de horas de Sol es de 2.803,1 como media anual.
- El número de días cubiertos al año como media es de 3.

- El número de días despejados al año como media es de 122,1.
- El número de días con nubes al año como media es de 207,9.
- La velocidad promedio anual del viento es de 15,8 Km / h.

4.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS

- 1.- Definición de las Cargas de Consumo.
- 2.- Tensión de Trabajo de la instalación.
- 3.- Tensión nominal del campo solar.
- 4.- Tiempo de utilización.
- 5.- Potencia prevista para cada dependencia.
- 6.- Cálculo de la Carga Mensual Necesaria.
- 7.- Cálculo de la Energía Disponible.
- 8.- Dimensionado del Campo de Paneles.
- 9.- Dimensionado del Sistema de Acumulación.
- 10.- Dimensionado del Sistema de Regulación y Control.
- 11.- Dimensionado del Inversor.
- 12.- Dimensionado de la energía auxiliar.
- 13.- Cableado.
- 15.- Controles de protección y control.

4.2.- DEFINICION DE LAS CARGAS DE CONSUMO

Se definirán las cargas de consumo por vivienda, para después multiplicarse por 8 que es el número de casas que contiene la comunidad, dándonos de esta manera el total de energía consumida al día en la comunidad.

ELEMENTO	Nº	POTENCIA	P. TOTAL	HORAS	TOTAL
Iluminación	10 puntos de luz	20 W cada uno	200 W	1.5 h	300 Wh
Tv color	1	50 W	50 W	3 h	150 Wh
Radiocasete	1	10 W	10 W	1 h	10 Wh
Plancha	1	600 W	600 W	1 h	600 Wh
Frigorífico	1	70 W	70 W	6 h	420 Wh
Congelador	1	90 W	90 W	4 h	360 Wh
Electrodome	3	150 W	450 W	0.3 h	135 Wh
Lavadora	1	400 W	400 W	1h	400 Wh
					2.000 Wh

Se necesita 2.000 W/h al día para abastecer las necesidades energéticas de una vivienda. Como son 8 viviendas y cada vivienda tendrá los mismos elementos de consumo, el total será:

$$2.000 \text{ Wh} \times 8 \text{ viviendas} = \mathbf{16.000 \text{ Wh/día}}$$

En los siete días de la semana se establecerá una planificación para controlar los consumos de la plancha y de la lavadora en la comunidad, porque estos necesitan una gran cantidad de energía.

Ejemplo: L = lava, P = plancha.

DIAS	MAÑANA	TARDE
LUNES	1casa L, 2L, 3L, 4L	5P, 6P, 7P, 8P
MARTES	5L, 6L, 7L, 8L	1P, 2P, 3P, 4P
MIERCOLES	1L, 2L, 3L, 4L	5P, 6P, 7P, 8P
JUEVES	5L, 6L, 7L, 8L	1P, 2P, 3P, 4P
VIERNES	1L, 2L, 3L, 4L	5P, 6P, 7P, 8P
SABADO	5L, 6L, 7L, 8L	1P, 2P, 3P, 4P
DOMINGO	1L, 2L, 3L, 4L	5P, 6P, 7P, 8P

4.3.- TENSION DE TRABAJO DE LA INSTALACION

En corriente continua la instalación trabajará a 48 V.
En corriente alterna la instalación trabajará a 110 V.

4.4.- TENSION NOMINAL DEL CAMPO SOLAR

La tensión que establecerá el campo solar es de 48 V.

4.5.- TIEMPO DE UTILIZACION

MESES	DIAS	HORAS AL DIA DE LA ENERGIA SOLAR	HORAS AL MES
Enero	31	9	279
Febrero	28	9	252
Marzo	31	9	279
Abril	30	10	300
Mayo	31	11	341
Junio	30	12	360
Julio	31	13	403
Agosto	31	12	372
Septiembre	30	11	330
Octubre	31	10	310
Noviembre	30	9	270
Diciembre	31	9	279
			3775

El total de horas de aprovechamiento de la energía solar al año es de:
3.775 h

4.6.- POTENCIA PREVISTA PARA CADA DEPENDENCIA

LUGAR	POTENCIA MINIMA
Estancia	100 W
Comedor	100 W
Dormitorios	60 W
Baño	170 W
Cocina	1100 W

Hay que indicar que la iluminación consistirá en sistemas halógenos, porque consumen menos energía que los lámparas de incandescencia.

4.7.- CALCULO DE LA ENERGIA MENSUAL NECESARIA

Para todo la comunidad se necesita la siguiente energía mensual:

$$E_m = ((W \cdot I) / V) \cdot N \cdot d \cdot n$$

E_m : Energía mensual necesaria en Amperios.hora/mes de cada equipo.
 V : Tensión de trabajo de la instalación en corriente continua. (48 V)
 W : Potencia nominal de la carga en vatios.
 I : Índice calculado a través de la eficiencia del inversor (90%).
 N : Número de horas de funcionamiento de la carga al día.
 d : Número de días de funcionamiento de la carga al mes.
 n : Número de equipos en el albergue.

EQUIPO	W	V	I	N	D	n	Em
Iluminación	20 w	48 v	1	1,5 h.	30 días	80	1.500 Ah/mes
Televisión	50 w	110 v c.a	1,1	3 h	30 días	8	825 Ah/mes
Radiocassette	10 w	110 v c.a	1,1	1 h	30 días	8	55 Ah/mes
Plancha	600 w	110 v c.a	1,1	1h	15 días	8	1.650 Ah/mes
Lavadora	400 w	110 v c.a	1,1	1 h	15 días	8	1.100 Ah/mes
Frigorífico	70 w	110 v c.a	1,1	6 h	30 días	8	2.310 Ah/mes
Congelador	90 w	110 v c.a	1,1	4 h	30 días	8	1.980 Ah/mes
Electrodomestic	150 w	110 v c.a	1,1	0,3 h	30 días	24	742 Ah/mes
Em C.C							1.500 Ah/mes
Em C.A							8.662 Ah/mes
Em Total							10.162 Ah/mes

De los 10.162 Ah/mes 162 los consume el inversor y los 10.000 Ah/mes restantes los consumen las viviendas.

Los 10.000 Ah/mes son 16.000 Wh/día, dato que se utilizará para calcular el número de paneles fotovoltaicos en el mes más desfavorable. (Septiembre)

1.8.- CALCULO DE LA ENERGIA DISPONIBLE

Angulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos: 10°

MESES	RADIACION DIARIA-	Nº DIAS	E. DISPONIBLE AL
	MES (Kwh/m ² día)		
Enero	5,675	31	175,925
Febrero	6,325	28	177,1
Marzo	7,121	31	220,751
Abril	7,195	30	215,85
Mayo	6,784	31	210,304
Junio	5,181	30	155,43
Julio	5,217	31	161,727
Agosto	5,16	31	159,96
Septiembre	4,826	30	144,78
Octubre	5,383	31	166,873
Noviembre	5,383	30	161,49
Diciembre	5,236	31	162,316

Energía disponible durante los 12 meses al año de funcionamiento de la instalación fotovoltaica: 2112,506 kWh/m² · año

1.9.- DIMENSIONADO DEL CAMPO DE PANELES

Los paneles de la instalación tendrán las mismas características eléctricas, teniendo cada asociación serie, diodos de bloqueo apropiados.

El panel escogido es el I-110 de ISOFOTON. Todos los paneles irán en paralelo, con una tensión de 52 V.

El cálculo de módulos fotovoltaicos está referido al peor mes de estancia al año. (mes de septiembre).

Para el factor de seguridad del dimensionado del campo de paneles, se ha tenido en cuenta los efectos que incrementan el valor de la carga de consumo y reducen la radiación absorbida, en particular los siguientes:

- Desviación de los valores de radiación esperados.
- Consumo de los equipos de regulación y control y auxiliares.
- Pérdidas en los conductores.
- Rendimiento de los procesos de carga y descarga de los acumuladores.
- Reducción de la radiación absorbida por el panel por efecto de acumulación de suciedad sobre el mismo.

1.- Consumos de corriente continua al día en las 8 viviendas:

$$T_1 = 80 \text{ lámparas} \cdot 20 \text{ w} \cdot 1,5 \text{ h} = 2.400 \text{ Wh/día.}$$

Margen de seguridad de captación: $E_b = 15 \%$

$$G_c = \frac{(100 + E_b)}{100} \times T_1 = \frac{(100 + 15)}{100} \times 2400 = \mathbf{2760} \text{ Wh/día}$$

2.- Consumos de corriente alterna al día en las 8 viviendas:

$$16.000 \text{ Wh/día} - 2.400 \text{ Wh/día} = 13.600 \text{ Wh/día}$$

Margen de seguridad de captación: $E_b = 15 \%$

Eficiencia del inversor: 90 %

$$G_a = \frac{(100 + E_b)}{E_i} \times T_2 = \frac{(100 + 15)}{90} \times 13.600 = \mathbf{17.378} \text{ Wh/día}$$

3.- Consumos totales.

$$G_c + G_a = 2.760 + 17.378 = \mathbf{20.138} \text{ Wh/día}$$

4.- Radiación del mes más desfavorable: $H = 4,826 \text{ kWh/m}^2 \text{ día}$

5.- Relación: Consumos / Radiación (C; Gt/Rd)

$$C = \frac{20.138 \text{ kWh/día}}{4,826 \text{ kWh/día}} = 4.172,81$$

6.- Nº de paneles:

La potencia de un panel I-110 es de 110 Wp.

$$N_p = 1,1 \times \frac{C}{P_{\max}} = 1,1 \times \frac{4.172,81}{110W} = \mathbf{38 \cdot \text{paneles}}$$

Nº de paneles en serie: 3 paneles para conseguir 52,2 V. La tensión del campo de paneles a de ser algo superior a los 48V de la entrada de los reguladores.

Nº de ramas de paneles en paralelo: 14 ramas con 3 paneles en serie.

Nº paneles Total = 42 paneles

7.- Potencia de captación a instalar:

$$P = P_{max} \times N_p = 110W_p \times 42 \text{ paneles} = 4.620W_p$$

- Área de la potencia instalada: 35.81 m²
- Área ocupada por los paneles: 108.67 m²
- Son 5 filas de paneles. 4 filas llevan 9 paneles y 1 fila lleva 6 paneles.
- Los paneles van colocados sobre estructuras de tipo poste de acero laminado, cada una llevará una toma de tierra mediante un cable de 16 mm²
- Distancia entre columnas: 0,5 m.
- Distancia entre filas: 1,5 m.
- Distancia entre el campo de paneles fotovoltaicos y los reguladores: 2 m.
- Los cables de conexión de 50 mm² de los paneles fotovoltaicos son los que recogen la energía de cada grupo de 3 paneles fotovoltaicos.
- Se conectarán 3 cajas de conexión en cada uno de los cables de 50 mm² a una distancia de 3,450 m entre ellas en el mismo cable.
- Cada grupo de 3 paneles fotovoltaicos en serie llevará un fusible de 20 A.
- Los cables de conexión entre paneles y el regulador irán enterrados en el suelo metidos en sus tubos de aislamiento a una profundidad de 50 cm.

1.10.- DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACION

Batería:

- Marca: ISOFOTON.
- Modelo: 12 AT 139.
- Tipo de electrolito: Ácido sulfúrico diluido d = 1,24 Kg/l
- Nº de baterías: 4
- Tensión de conexión 48 V; 4 baterías · 12 V.
-

Capacidad de acumulación:

$$Cd_{cc} = \frac{110 \times 2.400Wh / día \times 6}{70 \times 48V} = 471Ah / día \rightarrow \text{En corriente continua.}$$

$$Cd_{ca} = \frac{110 \times 1,1 \times 13.600Wh / día \times 6}{70 \times 48V} = 2.935Ah / día \rightarrow$$

En corriente alterna.

$$Cd_{total} = 471 + 2.935 = 3.409 \text{ Ah/día}$$

$$Cd_{ccoca} = \frac{110 \times I \times T_{162} \times n}{Pf \times V}$$

La capacidad de acumulación es para un total de 6 días de baja insolación.

Cd_{total} = Cantidad de energía que se ha de acumular.

n = número de días sin funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

Pf = La profundidad de descarga en %.

V = Tensión a la que trabajará el grupo de baterías.

T₁ = Energía necesaria en c.c

T₂ = Energía necesaria en c.a.

Cada batería de las elegidas es capaz de suministrar 834 Ah en 100 h.

Las baterías del sistema de acumulación tendrán las mismas características eléctricas.

Las baterías irán protegidas mediante un fusible de 100 A en su cables de conexión.

Se conectarán todas las baterías en serie conectadas a todos los reguladores, para luego repartir la demanda de energía al albergue. Además es preferible tener pocas baterías con gran capacidad de almacenamiento, que tener muchas baterías con poca capacidad de almacenamiento; porque de esta manera hay menos pérdidas de carga.

1.11.- DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL

Las Especificaciones facilitadas por el fabricante incluyen como mínimo los siguientes puntos:

- a) Tipo de regulador: Isotel 30
- b) Tensión de alimentación nominal y máxima: 48 V
- c) Tensión de alimentación de las baterías: 48 V
- d) Intensidad máxima de carga: 20 A
- e) Tensión máxima de carga: 48 V
- f) Rango de temperatura de actuación: 0-50 °C
- g) Autoconsumo: 48 mA.
- h) Compensación de temperatura: Si (mediante sonda exterior).

El sistema de regulación y control de una instalación fotovoltaica incluye un voltímetro y un amperímetro.

Los contadores de Amperios hora de estas especificaciones están dotados de:

- a) Puesta a cero de los contadores no accesible al usuario.
- b) Permanencia de los registros en contadores.
- c) Cuatro dígitos mínimo en el display.

El sistema de regulación y control de una instalación fotovoltaica tiene un sistema de protección.

- a) En la entrada de corriente.
- b) En la salida de corriente.

El sistema de Regulación y Control seleccionado cubre como mínimo las siguientes funciones:

- a) Protección de la batería contra sobrecarga.
- b) Protección de la batería contra descargas excesivas mediante desconexión automática de la carga.
- c) Reconexión automática.
- d) Sistema de alarma por baja carga de la batería.
- e) Desconector manual de alarma, que se conecta automáticamente al subir de nuevo la carga de la batería por encima de un valor prefijado.

- f) Contador de amperios hora producidos por el campo de paneles.
g) Contado de amperios hora consumidos por la carga.

La desconexión automática de la carga de consumo se producirá al alcanzar la tensión de la batería el valor correspondiente al 70% de la profundidad de descarga, referida a la capacidad C100 a 25 °C, y el aviso de alarma al 50%.

La tensión de rearme es superior a la tensión nominal de la batería.

El sistema de regulación llevará incorporado un sensor de temperatura cuya función es la de regular los aportes del campo de paneles al sistema de acumulación en función de la temperatura.

El dimensionado del Sistema de Regulación se ha realizado con un factor de seguridad entre la potencia máxima producida por el campo de paneles y la potencia máxima del regulador de un 10%.

Se ha elegido el regulador Isotel 30 porque cumple con todas estas exigencias y se han de utilizar 5 reguladores, porque la intensidad de generación del campo de paneles fotovoltaicos es superior a la intensidad que soportaría un solo regulador. Además cada regulador utilizará 1 etapa de entrada de energía y esta etapa tendrá que soportar en el peor de los casos 20 A.

Si la potencia instalada de los paneles es de 4.620 Wp a una tensión de 48V nos da una intensidad de 96,25 A. Intensidad que tendrá que soportar los reguladores, por eso esta intensidad se divide en 5 etapas para que este por debajo de la intensidad que soporta cada etapa del regulador, 20 A.

1.12.- DIMENSIONADO DEL INVERSOR

1.12.1.- INVERSOR C.C - C.A

La eficiencia del inversor, conectado a una carga entre el 30 y el 100 % de su carga máxima, será como mínimo del 70%.

El inversor elegido tiene una eficiencia del 90 %.

El inversor seleccionado está dotado de un dispositivo automático que procede a su desconexión del acumulador cuando no sea necesario para la carga.

La potencia de entrada del inversor se calcula mediante la expresión:

$$P_s = P_e \cdot n$$

siendo:

Pe: Potencia de entrada del inversor.

Ps: Potencia de salida del inversor.

n: Eficiencia del inversor referida a la potencia de salida.

De los 100 A que nos da la etapa de consumo del regulador, 40 A se emplearán en corriente continua en el peor de los casos, que es cuando esté toda la iluminación de la comunidad funcionando al mismo tiempo y los 60 A restantes se utilizarán para corriente alterna. El peor de los casos en C.A es cuando no se esté utilizando consumos de C.C y todo el consumo sea en C.A utilizando los 100 A.

Por lo tanto:

$$P_e = 48 \text{ V} \cdot 100 \text{ A} = 4.800 \text{ W}$$

$$P_s = 4.800 \text{ W} \cdot 0.9 = 4.320 \text{ W}$$

Se elegirá un inversor de 4.500 W y el elegido es el IS-4500 de SIEMENS.

Este inversor irá protegido con dos fusibles uno a su entrada y otro a su salida.

El fusible de la entrada tendrá que soportar una intensidad de 100 A y el de la salida de 24 A.

El inversor estará conectado a la salida de los reguladores para convertir la energía eléctrica continua en energía alterna para que se pueda consumir en las viviendas.

1.12.2.- RECTIFICADOR C.A – C.C

La eficiencia del rectificador, conectado a una carga entre el 30 y el 100 % de su carga máxima, será como mínimo del 70%.

El rectificador elegido tiene una eficiencia del 95 %.

El rectificador seleccionado está dotado de un dispositivo automático que procede a su desconexión del acumulador cuando no sea necesario para la carga.

La potencia de entrada del rectificador se calcula mediante la expresión:

$$P_s = P_e \cdot n$$

siendo:

Pe: Potencia de entrada del rectificador.

Ps: Potencia de salida del rectificador.

n: Eficiencia del rectificador referida a la potencia de salida.

El rectificador está alimentado a una tensión de 110 V y su rendimiento es del 95 %. A la salida tiene que entregar una potencia de 4.800 W = 100 A · 48 V. Por lo tanto su potencia de entrada es de 4.800 W / 0.95 = 5.052 W

Por lo que:

$$P_e = 4.800 \text{ W} / 0.95 = 5.052 \text{ W}$$

$$P_s = 48 \text{ V} \cdot 100 \text{ A} = 4.800 \text{ W} \cong 5.000 \text{ W}$$

Este rectificador irá protegido con dos fusibles uno a su entrada y otro a su salida.

El fusible de la entrada tendrá que soportar una intensidad de 25 A y el de la salida de 100 A.

Este rectificador está conectado a la salida del electrógeno, y convierte la corriente alterna del electrógeno en corriente continua para alimentar los reguladores a 48 V y una intensidad máxima de 100 A. El rectificador a usar será el K6-MONOFASICO de JESIVA.

1.13.- DIMENSIONADO DE LA ENERGIA AUXILIAR

Se utilizará como energía auxiliar un electrógeno, para cuando la instalación fotovoltaica por avería no pueda funcionar siga existiendo

un suministro de energía constante en las viviendas y poder seguir haciendo la vida normal de las personas. El electrógeno tendrá una potencia de 6 Kva, para poder suministrar a 110 V una intensidad máxima de 24 A al sistema.

Del electrógeno se sacará un suministro de energía de corriente alterna, para posteriormente convertirla en continua mediante un inversor y poder de esta manera suministrarla a través de los reguladores a las baterías. Otro suministro que se obtendrá del electrógeno es el de corriente alterna que procede directamente del electrógeno. Pero este suministro no se utilizará para abastecer energía a las viviendas del albergue, sino que se instalará en la caseta del electrógeno para algún caso de necesidad especial.

El electrógeno de 11 Hp y 5.000 W, tiene un consumo de 2,126 l/h. Lleva incorporado sus propios sistemas de protección y control.

1.14.- CABLEADO

Aquí se especificará la sección y longitud de los cables que transportan la corriente eléctrica y los elementos de protección contra cortocircuitos y sobrecargas, así como los elementos conectados.

Se utilizará cables de cobre aislados con poli cloruro de vinilo de doble capa. Los cables no estarán en la intemperie, sino que serán introducidos en tubos aisladores. Los tubos aisladores ICO se colocarán a una altura de unos 3,5 m del suelo, irán por las fachadas de las estructuras.

La sección de los cables de cobre se calculará mediante la expresión:

$$S = (3,448 \cdot L \cdot I) / (V \cdot (V_a - V_b))$$

siendo:

- S: Sección en mm².
- L: Longitud en m. I: Intensidad en Amperios.
- V_a - V_b: Caída de tensión en %.
- V: Tensión a la que trabaja el cable.
- I: Intensidad a la que trabaja el cable

La sección de los cables calculada, debe ser tal que las máximas caídas de tensión en ello, comparada con la tensión a la que estén trabajando esté por debajo de los límites expresados en la tabla .

Campo de Paneles-Acumulador	1%
Acumulador-Inversor	1%
Línea Principal	3%
Línea Principal-Iluminación	3%
Línea Principal-Equipos	5%

CABLES DEL CAMPO DE PANELES A LA CAJA DE CONEXION DEL INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO

$$S = 3,448 \times \frac{14,5m \times 38A}{48V \times 1} = 40mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables} \cdot 50 \text{ mm}^2$$

$$S = 3,448 \times \frac{13,78m \times 50,5A}{48V \times 1} = 50mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables} \cdot 50 \text{ mm}^2$$

CABLES DE LA CAJA DE CONEXION DEL INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO A LA CAJA DE CONEXION DE LOS REGULADORES

$$S = 3,448 \times \frac{3m \times 100A}{48V \times 1\%} = 19,8mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables} \cdot 20 \text{ mm}^2$$

Entre la caja de conexión de los reguladores y el campo de paneles, se colocará el ICPM Vigicomcompact NS100 que protege la instalación de sobrecargas y cortocircuitos. Este ICPM se colocará en el armario envolvente de la caseta del electrógeno.

CABLES DE LA CAJA DE CONEXION DE LOS REGULADORES A LOS REGULADORES

$$S = 3,448 \times \frac{3m \times 20A}{48V \times 1\%} = 4,31mm^2 \rightarrow 10 \text{ cables de } 6 \text{ mm}^2$$

CABLES DE REGULADORES A LA CAJA DE CONEXION DE LAS BATERIAS

$$S = 3,448 \times \frac{11m \times 20A}{48V \times 1} = 15,8mm^2 \rightarrow 10 \text{ cables} \cdot 16 \text{ mm}^2$$

CABLES DE LA CAJA DE CONEXION DE LAS BATERIAS A LAS BATERIAS

$$S = 3,448 \times \frac{1,5m \times 100A}{48V \times 1} = 10,77mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables} \cdot 16 \text{ mm}^2$$

CABLES DE LOS REGULADORES A LA CAJA DE CONEXION DE DERIVACION DE C.C Y C.A.

$$S = 3,448 \times \frac{2m \times 20A}{48V \times 1} = 2,87mm^2 \rightarrow 10 \text{ cables} \cdot 4 \text{ mm}^2$$

CABLES DE LA CAJA DE CONEXION DE DERIVACION AL INVERSOR

$$S = 3,448 \times \frac{2m \times 100A}{48V \times 1} = 14,36mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables} \cdot 16 \text{ mm}^2$$

CABLES DE C.C DE LA CAJA DE CONEXION DE DERIVACION A LA CAJA DE CONEXIÓN DE ACOMETIDAS

$$S = 3,448 \times \frac{25,5m \times 40A}{48V \times 2\%} = 36,635mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables} \cdot 50 \text{ mm}^2$$

CABLES DE C.C DE ACOMETIDA PARA LAS 8 VIVIENDAS

Se tomará la mayor sección de la acometida que se presente en el peor de los casos, tomando en cuenta la intensidad y la longitud del cable.

$$S = 3,448 \times \frac{13m \times 10A}{48V \times 1\%} = 9,33mm^2 \rightarrow 10 \text{ mm}^2 . \text{ Para los}$$

24 cables que se necesitan para llevar la acometida a las casas. De los 24 cables de sección 10 mm², se necesita: 4 cables de 5 m, 4 cables de 13 m, 8 cables de 1,5 m y 8 cables de 1,8 m.

CABLES DE C.A DEL INVERSOR A LA CAJA DE CONEXION DE ACOMETIDAS

$$S = 3,448 \times \frac{25,5m \times 24A}{220V \times 1\%} = 9,59mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables de } 10 \text{ mm}^2$$

CABLES DE C.A DE ACOMETIDA PARA LAS 8 VIVIENDAS

Se tomará la mayor sección de la acometida que se presente en el peor de los casos, tomando en cuenta la intensidad y la longitud del cable.

$$S = 3,448 \times \frac{13m \times 12A}{220V \times 1\%} = 2,44mm^2 \rightarrow 24 \text{ cables de } 4 \text{ mm}^2$$

Para los 24 cables que se necesitan para llevar la acometida a las casas. De los 24 cables de sección 4 mm², se necesita: 4 cables de 5 m, 4 cables de 13 m, 8 cables de 1,5 m y 8 cables de 1,8 m.

CABLE DEL ELECTROGENO AL RECTIFICADOR DE 6 KVA DE C.A-C.C.

$$S = 3,448 \times \frac{3m \times 24,2A}{220V \times 1\%} = 1,13mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables de } 1,5 \text{ mm}^2$$

Esta corriente es alterna de 220 V, el rectificador se encargará de convertirla en corriente continua a 48 V con una intensidad máxima de 100 A, que alimentará los reguladores.

CABLE DEL RECTIFICADOR DE 6 KVA A LA CAJA DE CONEXION DE LOS REGULADORES

$$S = 3,448 \times \frac{3m \times 100A}{48V \times 1\%} = 21,55mm^2 \rightarrow 2 \text{ cables de } 25 \text{ mm}^2$$

Entre la salida del rectificador y la caja de conexión de los reguladores, se colocará el ICPM Vigicomcompact NS100 que es el encargado de proteger la instalación del electrógeno contra cortocircuitos y sobrecargas. De esta manera el usuario puede controlar la conexión del electrógeno al sistema fotovoltaico, cuando lo crea conveniente por la inutilización del campo de paneles fotovoltaicos.

1.16.- CONTROLES DE PROTECCION Y CONTROL

Para proteger y poder controlar el sistema fotovoltaico se colocará un ICPM (Interruptor de Control, Potencia y Mando) a la salida del campo de paneles fotovoltaicos. Este interruptor protegerá el sistema de cortocircuitos y sobrecargas. Con este interruptor automático el usuario puede conectar y desconectar el sistema fotovoltaico. Funcionará con una tensión de 48 V, que es la tensión de trabajo del campo de paneles fotovoltaicos y soportará una intensidad nominal máxima de 100 A. Es especial para corriente continua

El ICPM será de la marca y modelo Vigicomcompact NS100. El ICPM del electrógeno será de la misma marca y modelo que el anterior lo que ocurre, es que este está colocado entre el electrógeno y la caja de conexión de los reguladores. Los dos ICPM no pueden trabajar simultáneamente, uno de ellos ha de mantener su circuito abierto.

La protección de las viviendas consistirá en unos interruptores magnetotérmicos con unos diferenciales a la entrada de la vivienda. Los interruptores magnetotérmicos protegerá el circuito de

cortocircuitos y sobrecargas, y el diferencial protegerá a cualquier persona de contactos directos o indirectos del sistema eléctrico de la vivienda. Los interruptores magnetotérmicos serán de 5 A de la Serie Gti 10000 IEC 947-2 de In 5 A (Vigicomcompact) para corriente alterna y de 5 A para corriente continua Serie Guc de 2 polos y de In 5 A. Modelo 622116. (Vigicomcompact). Los de corriente continua son de 5 A porque con todos los puntos de luces funcionando, se necesita una intensidad de 33 A, pero se ha ampliado a 40 A por si hay futuros proyectos de expansión en la iluminación. Y como son 8 viviendas, 40 A / 8 viviendas = 5 A. Los interruptores magnetotérmicos de corriente alterna son de 5 A, debido a que la intensidad máxima que circula por el cable de la salida del inversor en C.A a la entrada de la caja de conexión de la acometida es de 24 A. 24 A / 8 viviendas = 3 A. + 2 A de seguridad.

Los interruptores diferenciales son de Merlin Gerin Interruptores Diferenciales ID superinmunizados. Capaces de no provocar disparos intempestivos, son de calibre In = 6 A y de una sensibilidad de 30 mA. Irán colocados al lado de los interruptores magnetotérmicos a la entrada de cada vivienda.