

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



TRABAJO DE GRADUACION  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA

ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA FACTIBILIDAD DE ELECTRIFICACIÓN  
RURAL EN COMUNIDAD  
LA SOMBRA, DEPARTAMENTO DE USulután A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA.

PRESENTADO POR:  
EDWIN LEONEL BARRERA MEJIA  
JOSE ERNESTO PEREZ ROSALES  
JULIO ALEJANDRO RIVERA HERNANDEZ

ASESOR:  
ING. MARLON JAVIER RODRIGUEZ

SEPTIEMBRE 2009  
EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



RECTOR:  
ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET

SECRETARIA GENERAL:  
INGA. YESENIA XIOMARA MARTINEZ OVIEDO

DECANO FACULTAD DE INGENIERIA  
ING. ERNESTO GODOFREDO GIRON

SEPTIEMBRE 2009  
EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



TRABAJO DE GRADUACION  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA

ASESOR  
ING. MARLON JAVIER RODRIGUEZ

LECTOR  
ING. MOISÉS ROBERTO GUERRA MENJÍVAR.

ADMINISTRADOR  
ING. ERICK ALEXANDER BLANCO GUILLÉN

SEPTIEMBRE 2009  
EL SALVADOR, CENTROAMERICA

## **DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS**

A Dios todopoderoso. Por haberme permitido llegar hasta este momento, por ser mi luz y guía, por llenarme de sabiduría y fortaleza, en todos los momentos alegres y difíciles de mi vida.

A mis padres, Francisco y Rosario, por ser mis guías y modelos a seguir, gracias por su comprensión, por haberme enseñado a valorar lo que tengo y haberme inculcado valores, como el compañerismo y el ser solidario con los demás, a lo largo de toda mi carrera.

A mi hermano Paco, por brindarme apoyo y ánimos cuando más lo necesitaba, y sobretodo por ser mi amigo.

A mis abuelos difuntos, papa Julio y mama Concha, por ser pilares fundamentales en mi formación para ser una mejor persona y por que siempre están apoyándome desde el cielo; Mis abuelos terrenales, mama Imelda, mama Clara y papa Paco, por todas las palabras de apoyo que siempre me dieron y por creer siempre en que yo lograría este triunfo.

A mis tíos, tías y primo(a) s, por acompañarme en los momentos importantes de mi vida, en especial a mi tía Fina, porque además de ser tía ha sido otra mama y amiga para mí, a mis primos Juan, Robert y Herberth que son como mis hermanos.

A mi novia Mitzi, por estar siempre a mi lado, en mi vida universitaria, en las buenas y en las malas, brindándome su apoyo en todo momento.

A mis amigos: Néstor, Eli , Lui , José , Edwin , por compartir conmigo su experiencia , por haberme regalado tantos momentos alegres, por estar ahí en esos momentos tan difíciles que nos toco vivir en nuestra formación profesional y sobretodo por permanecer siempre unidos , a pesar de diferencias y conflictos.

A mis perros, Bobby y Bull, por acompañarme en esas noches de desvelo interminable

Julio Alejandro Rivera Hernández

A Dios por haberme tomado de la mano y guiado siendo una luz a lo largo de todos estos años, sin su ayuda no hubiera podido seguir adelante; gracias Diosito por ser el responsable de haber colocado en mi camino, a los elementos necesarios para concluir mi meta tan anhelada. Virgencita y Jesucristo, a ellos que han sido mis mejores amigos, que me abrazaron y sostuvieron cada momento que creí desfallecer, que me dieron fortaleza, fe, esperanza y que con su amor fueron mi inspiración.

A mis padres e hija: que han sido y serán aquí en la tierra mi pilar de apoyo, gracias padre, por haber confiado en mí, por ser consejero que me guio desde siempre y brindarme toda la seguridad y aliento. Madre quiero agradecerle especialmente por todo su amor, por haberme escuchado, por transmitirme la energía necesaria que me motivaron a levantarme cada vez que estaba en el suelo, gracias por haber compartido conmigo noches enteras, por reír conmigo, y estar siempre a mi lado.

Mi hija como razón de superación, motivación e inspiración en momentos de crisis, gracias por estar siempre presente.

A mis hermanos: Sandra y Ricardo por haber compartido conmigo mis alegrías y tristezas por ser un apoyo incondicional en mi vida, quienes me dieron fuerza moral para seguir adelante en mis años de estudio.

A mis amigos: Gonzalo, Alfredo, Xiomara, Marta, Stanley, Francisco por haberme alentado, ayudado, escuchado y por estar siempre conmigo, por compartir cada momento especial en mi vida. A todos mis amigos gracias, por dejar una huella inolvidable, por haberme regalado momentos inolvidables, y por haberme regalado tantos gratos momentos.

Mis compañeros de tesis: porque juntos logramos salir adelante, Julio por haberme tenido paciencia en momentos difíciles para mí tanto en lo académico como en lo personal, José por compartir triunfos, fracasos, en este proceso tan difícil. Quienes además de ser mis compañeros de tesis son mis amigos y siempre será así.

Edwin Leonel Barrera Mejía.

Agradezco a Dios Todopoderoso, a Jesucristo, a la Virgen Santísima y al Espíritu Santo la fortaleza y la sabiduría que me dieron desde el principio de mi carrera hasta el último minuto de esta para que yo con su ayuda pudiese terminarla, por darme las fuerzas para seguir en momentos difíciles y porque escucharon siempre mis suplicas cuando recurrí a sus presencias.

A mis padres José Ernesto y Beatriz Eugenia, por ser pilares en mi vida, por regalarme a través de sus sacrificio una educación de primer nivel desde el principio de mi existencia, por enseñarme todo lo bueno que conozco y por apartarme de los malos caminos con sus consejos y su amor. Por brindarme siempre la mano como padres y como amigos en situaciones complicadas, por apoyarme económicamente en toda mi vida universitaria aun cuando en muchas ocasiones esta tarea se les hizo casi imposible. Por comprender todos los desvelos en mi casa y en casas ajenas, por acoger siempre a mis amigos como parte de la familia, por estar siempre presentes en mis alegrías, triunfos y fracasos. Por ser tan buenos padres no solo conmigo sino con mis hermanos, doy gracias porque me enseñaron el valor de una amistad, de una sonrisa y el de una fe inquebrantable. Les agradezco con todo corazón por convertirme en un gran ser humano.

A mis hermanos, Gabriela y Rodolfo, por todos los momentos inolvidables que hemos vivido y por los que quedan por vivir, por sus críticas constructivas y por todos sus consejos, por ser bastiones de mi vida personal, por regalarme muchas peleas, una infinidad de alegrías y sonrisas, por que nuestra casa, y mi vida no estaría completa sin sus voces.

A mi Tía Elvi, por tratarme como a un niño siempre, por que en su corazón sigo siendo el pequeño que conoció y crío, por enseñarme el gusto por la lectura, la pintura y la botánica, por tenerme en sus oraciones siempre y por formar en mi vida familiar una piedra importante de fe, amor, orgullo, respeto y superación, por ser un modelo a seguir gracias a los logros que ha obtenido hasta el día de hoy.

A mi Tío Fito (Q.D.D.G.), por ser un segundo padre para mi, por la ocasión que me defendió tras una mala situación, lamento no habérselo agradecido en vida, por

ayudarme y no darme un no como respuesta en todos los momentos en los que le necesite.

A Marcela, mi novia, por todo el amor incondicional y puro que me ha brindado, por la comprensión que ha tenido hacia mi persona en momentos de estrés, frustración y enojo, por el apoyo que recibo de ella cada día, por ser un aliciente para continuar y no flaquear, por perdonarme todos aquellos días y noches que no le pude brindar debido a mi carrera, finalmente y no menos importante, por regalarme días enteros llenos de felicidad, comprensión y amor.

A mi familia en general, tíos, tías, primos y primas por darme ánimos en momentos en los que creí desfallecer.

A mis amigos y compañeros de tesis, Julio Alejandro y Edwin Leonel, por compartir toda clase de experiencias, por ser parte de mi familia, por brindarme cariño, comprensión, motivación y confianza, por ser partes importantes en mi vida universitaria, por que mas que amigos son confidentes, por crear lazos de amistad a través de ellos con sus amigos y conocidos, por enseñarme el significado de una verdadera y constructiva amistad.

A mis bisabuelos Mamá Lola y Papá Miguel, a mis abuelos Mamá Rosa, Papá Rodolfo, Abuelo Carlos y a mi tía Choli, todos de grata recordación, por haber estado presente en mis oraciones, por brindarme desde el cielo fuerzas para continuar y sabiduría para actuar, por regalarme días hermosos a sus lados y por protegerme desde que salgo de mi hogar hasta volver a el.

A todas las personas que compartieron clases, amigos y compañeros, por ayudarme cuando lo necesite, por brindarme ayuda cuando aun no me conocían del todo bien, por tener confianza en mi persona y en mis capacidades y sobretodo gracias por acompañarme en muy buena parte de mi vida universitaria.

Finalmente, a Laila y a Gordon, mis leales mascotas, por acompañarme fielmente en mis interminables noches de desvelo, por sacar mas de una risa a todos los que

visitaban mi hogar en las noches de estudio y por ser guardianes de los autos de mis compañeros en las jornadas nocturnas de trabajo.

José Ernesto Pérez Rosales

## PREFACIO

La utilización de paneles fotovoltaicos para alimentar una demanda eléctrica que en los últimos años ha aumentado, ha generado en el mundo entero un cambio de mentalidad sobre las nuevas fuentes renovables de energía eléctrica. En muchas partes del mundo estas tecnologías son utilizadas para disminuir el costo de la energía eléctrica convencional (hidroeléctrica, térmica, geotérmica) y para proteger el medio ambiente global, que desde años atrás se ha vuelto vulnerable.

Hoy en día, se cuenta con diversas formas de producir electricidad basándose en formas no convencionales, tal es el caso de la energía eólica, o la energía a base de biomasa, que son dos formas de producir energía eléctrica utilizando los recursos disponibles en una región (viento o residuos orgánicos). Otro nuevo método conocido, es la generación de energía eléctrica utilizando la luz solar, una práctica dividida en dos grupos, la generación solar a base de colectores o concentradores solares, y otro a base de la utilización de paneles fotovoltaicos, esta última opción es la que se propone para poder suministrar electricidad a una comunidad alejada del suministro de la red de distribución eléctrica en nuestro país.

La falta de electricidad en el área rural de El Salvador, es un problema que hasta el día de hoy se está tratando de resolver. El último estudio realizado por el FISDL, el cual presenta el "Mapa de Pobreza de El Salvador" muestra muchos lugares de la república, todos ellos en la zona rural del país donde no cuentan con los servicios básicos para subsistir y viven en condiciones de marginalidad severa o marginalidad alta. Para ayudar a estas comunidades, es prioridad entregarles los servicios básicos necesarios, es por eso que se desea lanzar proyectos de electrificación rural aplicando tecnología solar fotovoltaica, a fin de brindar este servicio básico, el cual será una gran ayuda para mejorar la calidad de vida.

## CONTENIDO

CAPITULO 1: MARCO REFERENCIAL.....	3
ANTECEDENTES DEL TEMA A DESARROLLAR .....	3
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL TEMA.....	10
DEFINICIÓN DEL TEMA.....	14
Objetivo general. ....	14
Objetivo específico.....	14
Limitaciones.....	15
PROYECCIÓN SOCIAL.....	16
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, HISTORIA Y SITUACION ACTUAL.....	17
Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas.....	18
Breve historia de los sistemas fotovoltaicos. ....	19
Celdas de Silicio cristalino.....	19
Células amorfas.....	19
Sistemas fotovoltaicos hoy. ....	20
Situación nacional. ....	21
ASPECTOS FÍSICOS Y GEOGRÁFICOS DE LA COMUNIDAD LA SOMBRA.....	23
Aspectos Generales.....	23
Mediciones de viento.....	24
Descargas atmosféricas.....	28
Características solares.....	29
Brillo solar. ....	29
Radiación solar.....	30
Ángulo de inclinación. ....	32

Datos de Radiación y brillo solar en El Salvador.....	33
CAPITULO 2: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	41
ELECTRIFICACIÓN RURAL A PARTIR DE UN MINI PARQUE FOTOVOLTAICO.....	46
Inversores de potencia.....	49
El Regulador de Carga.....	50
La Batería.....	51
Módulos fotovoltaicos.....	51
Selección de los cables.....	54
Aplicaciones.....	54
Sección de conductor.....	55
Elementos de protección de la instalación fotovoltaica.....	56
Especificaciones para instalaciones fotovoltaicas aisladas:.....	56
Toma de tierra.....	56
Protección contra contactos directos e indirectos.....	56
Protección contra contactos directos.....	57
ELECTRIFICACIÓN RURAL POR MEDIO DE LA RED CONVENCIONAL.....	58
Fuente de distribución.....	58
Conductores Eléctricos.....	60
Pararrayos.....	61
Tipos de pararrayos:.....	61
Fusibles.....	62
Distancia mínimas verticales.....	62
Aislamiento de la línea.....	62
Postes metálicos.....	63
Neutro corrido multiaterrizado.....	63

Amarres.....	63
Poda y Brecha.....	63
CALCULO DE ENERGÍA.....	70
CENSOS DE CARGA.....	71
Sistemas fotovoltaicos.....	71
Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario.....	73
Censo de carga sistema fotovoltaico mini parque.....	74
Red Convencional.....	75
Censo de carga sistema convencional.....	76
CAPITULO 3: DISEÑO DE SISTEMA CONVENCIONAL.....	77
RED CONVENCIONAL.....	77
Diseño básico.....	77
Conductores eléctricos.....	78
Cargas mecánicas.....	79
Clases de construcción de las líneas de distribución.....	80
Distancias de seguridad vertical de conductores sobre el nivel del suelo.....	80
Aislamiento de la línea.....	81
Herrajería.....	82
Apoyos.....	83
Postes metálicos.....	83
Retenida.....	84
Ancias.....	84
Neutro corrido multiaterrizado.....	86
Amarres.....	86
Aislamiento permitido.....	87

Poda y brecha. ....	87
ESTRUCTURAS Y SELECCIÓN DE MATERIALES. ....	89
Cuadro resumen de estructuras de la línea. ....	89
Tabla de estructuras a utilizar: .....	90
Estructuras individuales, elementos por estructura .....	91
Elementos de transformador a utilizar. ....	94
MEMORIA DE CÁLCULOS.....	95
Calculo del transformador.....	95
Calculo de conductor secundario. ....	96
Área del conductor .....	96
Calculo de conductor primario .....	97
Calculo mecánico de la línea de distribución. ....	97
Distancia entre estructuras dentro de la comunidad .....	99
Perfil de la línea .....	100
Vista aérea de la línea de distribución. ....	101
Línea de distribución secundaria. ....	102
Diagrama unifilar del sistema convencional.....	103
CAPITULO 4: DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	104
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	104
Módulos fotovoltaicos.....	104
Baterías.....	110
Tipos de Baterías.....	110
Baterías selladas.....	112
Electrolito absorbido .....	112
Níquel – Cadmio: .....	112

Reguladores de carga .....	113
Protecciones típicas.....	113
Indicadores de estado/ señalizadores habituales.....	113
Parámetros a calcular, dimensionamiento .....	113
Parámetros importantes que determinan su operación.....	113
Inversor.....	114
Criterios para la elección de un inversor: .....	114
Dimensionamiento de un inversor .....	114
Conductores.....	116
Elementos de protección de la instalación fotovoltaica .....	120
Interruptores Magnetotérmicos. ....	120
CRITERIOS DE DISEÑO EN SISTEMAS DOMICILIAR Y MINI PARQUE FOTOVOLTAICO. ....	121
Especificaciones de los sistemas, componentes y funcionamiento.....	122
Confiabilidad .....	124
Generador fotovoltaico. ....	124
Estructura de soporte .....	125
Batería .....	127
Regulador de carga.....	133
Cableado .....	140
Seguridad. ....	143
Demanda energética. ....	144
Fiabilidad y tamaño .....	146
Eficiencia energética.....	147
Facilidad de uso.....	148
Instalación y mantenimiento .....	149

Flexibilidad.....	152
CRITERIOS GENERALES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	154
Censos de carga .....	154
Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario .....	154
Censo de carga sistema fotovoltaico mini parque. ....	155
Horario de uso. ....	156
Calculo de energía.....	156
Formulas utilizadas para cálculos de variables eléctricas .....	157
Horas de alimentación.....	158
Capacidad necesaria de batería .....	159
Parámetros técnicos de la batería .....	160
Calculo de baterías.....	160
Parámetros técnicos del panel.....	162
Calculo de paneles .....	162
Demanda futura.....	163
Calculo de regulador e inversor. ....	164
RESUMEN DE DISEÑOS DE SISTEMAS DOMICILIAR FOTOVOLTAICO Y MINIPARQUE FOTOVOLTAICO.	
.....	169
Sistema Domiciliario Fotovoltaico .....	169
Sistema Miniparque Fotovoltaico .....	170
Esquemas de conexión de sistemas fotovoltaicos. ....	171
SELECCIÓN DE INSUMOS.....	173
Linea de distribución del sistema mini parque fotovoltaico. ....	173
Paneles fotovoltaicos a utilizar .....	173
Conductores .....	174

Regulador de carga. ....	175
Conexión del regulador de carga. ....	177
Baterías.....	178
Inversor .....	180
Inversores de onda cuadrada. ....	180
Inversores de onda senoidal modificada.....	181
Inversores de onda senoidal pura.....	181
Soportes, estructuras y otros elementos del sistema.....	183
CAPITULO 5: PRESUPUESTOS Y COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS SUGERIDOS .....	184
INTRODUCCION .....	184
Presupuestos .....	184
Sistema convencional.....	184
Presupuestos por estructura. Línea primaria. ....	185
Presupuestos por estructura. Línea secundaria.....	189
Representación gráfica presupuesto red convencional. ....	192
Sistemas fotovoltaicos .....	192
Sistema mini parque fotovoltaico .....	192
Presupuestos por estructura, Línea de distribución. Sistema Mini parque.....	193
Representación gráfica presupuesto sistema mini parque fotovoltaico.....	196
Sistema fotovoltaico domiciliario .....	197
Presupuesto del sistema domiciliario fotovoltaico.....	198
Representación grafica presupuesto sistema domiciliario fotovoltaico .....	199
COMPARACIÓN Y EVALUACION DE SISTEMAS. ....	199
Ventajas y desventajas de alternativas propuestas.....	203
Red Convencional:.....	203

Ventajas.....	203
Desventajas.....	204
Sistemas fotovoltaicos.....	205
Ventajas:.....	205
Desventajas:.....	205
Sistema centralizado (mini parque):.....	206
Sistema domiciliario.....	207
ELEMENTOS PARA LA ELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS POSIBLES.....	211
MONTOS INICIALES DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	213
CONCLUSIONES DEL CAPITULO.....	214
CAPITULO 6: CARPETA TECNICA DEL PROYECTO.....	216
FUENTES DE INFORMACION.....	250
BIBLIOGRAFÍA.....	250
REFERENCIA DE SITIOS WEB.....	251
INVESTIGACIÓN.....	252
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	253
Conclusiones Generales.....	253
Recomendaciones.....	255
ANEXOS.....	258
ESTRUCTURAS LINEA PRIMARIA Y SECUNDARIA.....	258
Tangente sencilla. (13TS1).....	258
Tangente doble. (13TD1).....	259
Corte horizontal. (13CH1).....	260
Cruce vertical sencillo. (13CV1).....	261
Cruce vertical doble remate. (13CR1).....	262

Transformador neutro común con remate horizontal. (13TNRH1) .....	263
Tangente secundaria con derivación. (TD1) .....	265
Tangente secundaria. (TS1) .....	266
Remate secundario. (RS1) .....	267
Tangente para neutro. (TN) .....	268
Cruce doble remate para neutro. (CR) .....	269
UNIFILARES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	270
Diagrama unifilar sistema fotovoltaico domiciliar .....	270
Diagrama unifilar sistema fotovoltaico mini parque.....	271
MAPAS DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	272
Mapa de Altitudes .....	273
Mapa de Pluviosidad .....	274
Mapa de Niveles Isoceraunicos.....	275
Mapa de Radiación Anual Promedio .....	276
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BATERÍAS.....	277
Ciclo de vida de gel versus profundidad de descarga .....	277
Temperatura de operación versus capacidad.....	278
Rango de voltaje de recarga versus temperatura.....	279
Voltaje de flotación versus Temperatura .....	280

## INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración:1 Mapa de Pobreza El Salvador, Fuente: FISDL 2005 .....	4
Ilustración 2: Ubicación de Comunidad La Sombra, Cantón El Jicarito, El Triunfo, Usulután .....	7
Ilustración 3: Mapa Satelital, Vista Aérea Frontal, Comunidad La Sombra. Departamento de Usulután .....	8
Ilustración 4: Ilustración Fotografía La Ceiba, El Jicarito. Limite de camino rural hacia la comunidad La Sombra .....	8
Ilustración 5: Fotografía La Ceiba, El Jicarito. Limite de camino rural hacia la comunidad La Sombra. ..	9
Ilustración 6: Mapa satelital, Vista Aérea lateral, Comunidad La Sombra, Departamento de Usulután.	9
Ilustración 7: Tres tipos de bandas para medir brillo solar (horas diarias de luz solar).....	30
Ilustración 8: Esquema de radiación solar sobre un panel .....	31
Ilustración 9: Angulo de inclinación y de incidencia .....	32
Ilustración 10: Mapa de Ubicación de las estaciones que registraron radiación solar.....	34
Ilustración 11: Mapa de Ubicación de las estaciones que registraron brillo solar. ....	38
Ilustración 12: Colocación de las viviendas en el terreno perteneciente a la comunidad. Fuente: Google Earth.....	43
Ilustración 13: Coordenadas geográficas de cada una de las viviendas de la comunidad La Sombra. Fuente: Google Earth. ....	44
Ilustración 14 Cadena Montañosa aledaña a la zona de colocación de paneles fotovoltaicos (vista Sur-Norte) Fuente: Google Earth. ....	45
Ilustración 15: Cadena Montañosa aledaña a la zona de colocación de paneles fotovoltaicos (vista Norte-Sur) Fuente: Google Earth.....	45
Ilustración 16: Posición propuesta para la colocación del mini parque fotovoltaico. Fuente: Google Earth.....	48
Ilustración 17: Esquema de posición del sol en el primer trimestre del año para la ubicación propuesta. Fuente: Google Earth. ....	49

Ilustración 18: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado descentralizado o domiciliario.....	53
Ilustración 19: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado centralizado .....	53
Ilustración 20: Esquema de electrificación convencional hacia el Comunidad La Sombra.....	58
Ilustración 21: Posición real de corte distribución primario, transformador T36561 EEO fuente: Google Earth.....	59
Ilustración 22: Distancia radial desde punto de corte (T36561) hasta el centro del caserío. Fuente: Google Earth.....	60
Ilustración 23: Posición de estructuras, primera ruta alternativa de la nueva línea de distribución primaria. T36561-La Sombra. Fuente: Google Earth .....	65
Ilustración 24: Perfil de la línea, Primera ruta alternativa de la nueva línea de distribución primaria. T36561-La Sombra. Fuente: Google Earth .....	66
Ilustración 25: Posición de estructuras, ruta escogida de la nueva línea de distribución primaria. T36561-La Sombra. Fuente: Google Earth. ....	67
Ilustración 26: Distribución de estructuras tendido Primario-Secundario y Secundario dentro de la comunidad, posición de transformador a utilizar. Fuente: Google Earth.....	69
Ilustración 27: Forma utilizada para el anclaje de estructuras en distribución. Fuente: SIGET .....	86
Ilustración 28: Forma correcta de poda y brecha necesarias para la colocación de estructuras de distribución (derecho de paso). Fuente: SIGET .....	88
Ilustración 29: Distancias de estructuras dentro de la comunidad. Tipos de estructuras.....	99
Ilustración 30: Perfil de la línea de distribución. ....	100
Ilustración 31: Vista aérea de la línea de distribución. ....	101
Ilustración 32: Vista aérea estructuras internas y posición de transformador dentro de la comunidad .....	102
Ilustración 33: Diagrama unifilar del sistema convencional.....	103
Ilustración 34 características mecánicas modulo solar trinasolar .....	104
Ilustración 35: Características mecánicas modulo solar trina solar.....	105
Ilustración 36 : Dimensiones modulo solar trinasolar .....	106

Ilustración 37: Características modulo solar Policristalino Kyocera .....	107
Ilustración 38 : Dimensiones modulo solar Kyocera KC 130TM .....	108
Ilustración 39 : Características panel solar 120W Monocristalino Juncoop.....	109
Ilustración 40: Dimensiones panel solar Monocristalino 120W Juncoop .....	110
Ilustración 41 : Características de conductores Radox. ....	116
Ilustración 42 : Características conductores Radox (2).....	117
Ilustración 43 : Características conductores BETAflam 125-flex Solar.....	118
Ilustración 44 : Características conductores TOPSUN PV ZZ-F. ....	118
Ilustración 45: Diferentes modelos de interruptores magnetotérmicos. ....	120
Ilustración 46: Descripción de un interruptor magnetotérmico unipolar.....	120
Ilustración 47: Método de interconexión de módulos fotovoltaicos. ....	125
Ilustración 48: Terminales de módulos fotovoltaicos y terminales para interconexión de cables. ....	142
Ilustración 49: Caja y borneras recomendadas para la unión de cables en instalaciones fotovoltaicas. .....	143
Ilustración 50: Esquemas de conexión de un sistema fotovoltaico domiciliario (1) .....	171
Ilustración 51: esquemas de conexión de un sistema fotovoltaico domiciliario (2) .....	172
Ilustración 52: Conexión correcta del regulador de carga hacia baterías y cargas domiciliarias.....	178
Ilustración 53: Grafica costos red convencional.....	192
Ilustración 54: Grafico costos mini parque fotovoltaico.....	196
Ilustración 55: Distribución de costos aproximados de sistemas fotovoltaicos domiciliarios. ....	197
Ilustración 56: Grafico costos sistema domiciliario fotovoltaico.....	199
Ilustración 57: Comparación sistema convencional. vs sistema mini parque.....	213
Ilustración 58: Comparación sistema convencional vs sistema domiciliario. ....	213
Ilustración 59: Comparación sistema mini parque vs sistema domiciliario.....	214

## INDICE TABLAS

Tabla 1: Ubicación geográfica de la Zona de estudio.....	23
Tabla 2:: Duración aproximada de las estaciones climáticas en El Salvador. Fuente: Caracterización de los riesgos geológicos y dimensionamiento de los recursos hidrogeológicos de Nejapa realizado por Geólogos del Mundo y la UCA en agosto de 2003.....	24
Tabla 3: Régimen de vientos en El Salvador.....	25
Tabla 4: Escala de velocidades de viento. Velocidades de viento a 10 m de altura.....	26
Tabla 5: Estaciones con mediciones de viento consideradas en el proyecto SWERA. ....	26
Tabla 6: Velocidad promedio del viento en m/s obtenidas en el proyecto SWERA.....	27
Tabla 7: Datos de velocidad del viento en m/s para cada una de las estaciones climáticas del país. Cálculos basados en la tabla 6.....	28
Tabla 8: Estaciones utilizadas para recolección de datos de radiación solar, con códigos y ubicaciones geográficas .....	34
Tabla 9: Registros de radiación solar recopilados por el proyecto de Solarimetría de la UES (Promedios mensuales en KWh/m2/día).....	35
Tabla 10: Datos utilizados para estimación del mapa de radiación solar (KWh/m2/día) (Datos de Solarimetría + proyecto SWERA). ....	35
Tabla 11: Datos de brillo solar recopilados dentro del proyecto SWERA .....	37
Tabla 12: Estaciones utilizadas para recolección de datos de brillo solar, con códigos y ubicaciones geográficas .....	38
Tabla 13: Datos utilizados para estimación del mapa de brillo solar (horas de luz solar) (Datos Solarimetría + SWERA).....	39
Tabla 14: temperaturas de operación de los conductores XHHW y THHN Fuente: Phelps Dodge International Corp.....	54
Tabla 15: Clasificación de conductor por tipo de aplicación, Fuente: Phelps Dodge International Corp .....	55

Tabla 16: Demanda futura estimada para el sistema fotovoltaico mini parque. ....	72
Tabla 17: Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario. ....	73
Tabla 18: Censo de carga sistema fotovoltaico Mini parque. ....	74
Tabla 19: Censo de carga sistema convencional .....	76
Tabla 20: Capacidad máxima de conducción de corriente en conductores. Fuente: SIGET .....	79
Tabla 21: Distancia mínimas de seguridad verticales sobre vías férreas, el suelo o agua en El Salvador. Fuente: SIGET. ....	81
Tabla 22: Tipos de aisladores utilizados a diferentes niveles de voltaje. Fuente: SIGET. ....	82
Tabla 23: Clasificación de suelos. Fuente: SIGET .....	85
Tabla 24: Área del ancla según tipo de suelo. Fuente: SIGET.....	85
Tabla 25: Conductores utilizados para el amarre de líneas aéreas. Fuente: SIGET.....	87
Tabla 26: Tabla resumen de estructuras de la línea. ....	89
Tabla 27: Estructuras a utilizar .....	91
Tabla 28: Elementos a utilizar, estructura tangente sencilla .....	91
Tabla 29: Elementos a utilizar, estructura tangente doble .....	91
Tabla 30: Elementos a utilizar, estructura corte horizontal.....	92
Tabla 31: Elementos a utilizar, estructura cruce vertical sencillo .....	92
Tabla 32: Elementos a utilizar, estructura cruce vertical doble remate .....	92
Tabla 33: Elementos a utilizar, estructura tangente secundaria con derivación .....	93
Tabla 34: Elementos a utilizar, estructura tangente secundaria .....	93
Tabla 35: Elementos a utilizar, estructura remate secundaria.....	93
Tabla 36: Elementos a utilizar, estructura tangente para neutro .....	94
Tabla 37: Elementos a utilizar, estructura cruce doble remate para neutro .....	94
Tabla 38: Elementos a utilizar, transformador. ....	95
Tabla 39: Calculo eléctrico del transformador a utilizar. ....	95

Tabla 40: Cálculo eléctrico conductor secundario.....	96
Tabla 41: Calculo eléctrico área del conductor secundario. ....	96
Tabla 42: Calculo eléctrico área del conductor primario. ....	97
Tabla 43: Cálculo mecánico de la línea de distribución. Tensiones, flecha, presión de viento.....	97
Tabla 44: Cálculos mecánicos de línea de distribución por elemento, vanos y flechas.....	98
Tabla 45: Cálculo mecánico de la línea de distribución, ángulos, fuerzas. ....	98
Tabla 46: Valores de CR para diferentes tipos de baterías. ....	132
Tabla 47: $Pd_{max}$ para diferentes tipos de baterías.....	132
Tabla 48: Numero de ciclos de diferentes tipos de baterías.....	133
Tabla 49: Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario .....	154
Tabla 50: Censo de carga sistema fotovoltaico Mini parque. ....	155
Tabla 51: Calculo de variables eléctricas Sistema Fotovoltaico Domiciliar .....	157
Tabla 52: Calculo de variables eléctricas Sistema Miniparque Fotovoltaico.....	157
Tabla 53: Horas de alimentación SFD .....	158
Tabla 54: Horas de alimentación Sistema Miniparque Domiciliar.....	158
Tabla 55: Cálculo de capacidad necesaria de batería Sistema Fotovoltaico Domiciliar .....	159
Tabla 56: Calculo de capacidad necesaria de batería Sistema Miniparque Fotovoltaico.....	159
Tabla 57: Parámetros técnicos de la batería.SFD y Miniparque.....	160
Tabla 58: Dimensionamiento numero de baterías Sistema Fotovoltaico Domiciliar .....	160
Tabla 59: Dimensionamiento numero de baterías Sistema Miniparque Fotovoltaico .....	161
Tabla 60: Parámetros técnicos del panel fotovoltaico.....	162
Tabla 61: Dimensionamiento numero de paneles Sistema Fotovoltaico Domiciliar .....	162
Tabla 62: Dimensionamiento numero de paneles Sistema Miniparque Domiciliar .....	162
Tabla 63: Demanda futura para Sistema Miniparque Fotovoltaico .....	163
Tabla 64: Calculo de regulador e inversor Sistema Domiciliar Fotovoltaico .....	164

Tabla 65: Calculo de regulador e inversor Sistema Miniparque Fotovoltaico .....	164
Tabla 66: Área de conducción y dimensionamiento de conductor SFD .....	166
Tabla 67: Área de conducción Miniparque. ....	167
Tabla 68: Dimensionamiento de conductor miniparque. ....	168
Tabla 69: Tabla resumen de diseño Sistema Fotovoltaico Domiciliar .....	169
Tabla 70: Tabla resumen de diseño Sistema Fotovoltaico Miniparque.....	170
Tabla 71: Estructuras a utilizar en distribución primaria. ....	185
Tabla 72: Detalle por estructura tangente sencilla unitario y total.....	185
Tabla 73: Detalle por estructura tangente doble unitario y total .....	186
Tabla 74: Detalle por estructura corte horizontal unitario y total. ....	186
Tabla 75: Detalle por estructura cruce vertical sencillo unitario y total.....	187
Tabla 76: Detalle por estructura cruce vertical doble remate unitario y total.....	187
Tabla 77: Detalle por estructura transformador neutro común con remate horizontal unitario y total .....	188
Tabla 78: Precio total estructuras completas.....	188
Tabla 79: Estructuras a utilizar en distribución dentro de la comunidad. ....	189
Tabla 80: Detalle por estructura tangente secundaria con derivación unitario y total.....	189
Tabla 81: Detalle por estructura Tangente secundaria unitario y total.....	190
Tabla 82: Detalle por estructura remate secundaria unitario y total. ....	190
Tabla 83: Precio total estructuras completas.....	190
Tabla 84: Presupuesto general sistema convencional.....	191
Tabla 85: Estructuras a utilizar en distribución dentro de la comunidad. ....	193
Tabla 86: Detalle por estructura tangente secundaria con derivación unitario y total.....	194
Tabla 87: Detalle por estructura Tangente secundaria unitario y total.....	194
Tabla 88: Detalle por estructura remate secundaria unitario y total. ....	194

Tabla 89: Precio total estructuras completas.....	195
Tabla 90: Lista de materiales, conglomerado general de sistema mini parque fotovoltaico. ....	196
Tabla 91: Lista de materiales, conglomerado general de sistema domiciliar fotovoltaico.....	198
Tabla 92: Tecnología sistemas fotovoltaicos.....	211
Tabla 93: Tecnología sistemas convencional, extensión de red.....	212

## INTRODUCCION

La utilización de los sistemas fotovoltaicos para producir energía eléctrica hoy en día, se ha visto impulsada debido a los altos precios del petróleo el cual a través de plantas térmicas es utilizado para producir electricidad, sin embargo esta tecnología aun siendo mas accesible que la tradicional cuenta con aspectos negativos que aun no se han podido solventar, es por esta razón que es utilizada en situaciones en las que un estudio detallado y profundo dan como una respuesta a necesidades crecientes.

Alrededor del mundo se poseen enormes parques con estas tecnologías pero estos sistemas son complementarios y respaldo de redes existentes debido a factores que impiden que estos sean un sistema generador por si mismos, contrario a este caso son los sistemas domiciliarios en zonas aisladas los cuales son los generadores de la electricidad en el lugar de instalación, esta ultima practica hace ver la importancia y la versatilidad de los sistemas fotovoltaicos, y es esa la finalidad de este estudio, realizar una investigación profunda que nos brinde un resultado favorable de cómo llevar electricidad a una comunidad que se encuentra alejada de la red de distribución por el método que sea conveniente, económico y factible.

Se ha dispuesto de varios capítulos en este documento para poder llevar una secuencia lógica y un orden en la investigación que nos guiara a elegir la mejor opción para solventar el problema que hoy exponemos.

En el capitulo numero 1 se muestra un marco histórico sobre el caserío La Sombra en el departamento de Usulután, con la intención de mencionar motivos que han originado la falta de electricidad en la comunidad, mediante la exposición de temas de gran importancia ,dentro de los cuales podemos citar, el fenómeno de la pobreza que se vive dentro del lugar sometido a estudio social y técnico; como sabemos este es uno de los principales responsables de que en algunos sectores y lugares de El Salvador, la población presente rasgos de analfabetismo, desnutrición, etc.

Además, en este capítulo se pretende señalar las razones determinantes que se han tomado en cuenta para la realización de esta investigación de carácter social, técnico y económico. Se presenta también, datos y conceptos importantes que serán necesarios tener en cuenta mas adelante en este documento. Se presenta una breve información introductoria a los sistemas fotovoltaicos a fin que el lector tenga una idea general de esta tecnología.

En el capítulo dos, se presenta una parte fundamental de la investigación, la definición de las alternativas; todo esto con el objetivo de presentar las características principales de cada sistema propuesto. Se colocan también las ventajas y desventajas de cada sistema. Otro aspecto importante en este capítulo es la presentación de un estudio de demanda futura con el único fin de conocer de manera estimada un posible incremento de carga.

Para el capítulo tres, se abordara de manera directa la parte de diseño, es decir la realización de los cálculos y selección de elementos que conforman el sistema eléctrico necesario para la comunidad; se presenta un listado de materiales, una descripción de insumos relacionados con el sistema, y se incluyen costos fijos como lo son mano de obra, transporte etc.

En el capítulo cuatro se evalúan las alternativas expuestas en el capítulo anterior desde un punto de vista técnico y económico, con el único fin de demostrar la opción más factible y la que mas le conviene a la población de la comunidad.

Dentro de la comparación económica entre opciones se incluyen el desglose de costos, lista de materiales y un presupuesto detallado de cada sistema o propuesta de solución necesarios para poder ejecutar esta clase de proyectos

En el capítulo cinco se presenta información de cómo crear un documento formal que pueda dar a conocer una propuesta realizable por cualquier institución. En este se colocan todos los elementos necesarios para la ejecución formal de un proyecto basándose en un formato específico de presentación.

## CAPITULO 1: MARCO REFERENCIAL

### ANTECEDENTES DEL TEMA A DESARROLLAR

La comunidad La Sombra, es un caserío ubicado entre dos cerros del Noreste de El Salvador específicamente en el departamento de Usulután, estos son: el cerro La Sombra y el Cerro La Piedra, dichas elevaciones generan un ambiente inhóspito y hostil además de tener muy difícil acceso por el tipo de terreno que los compone. La vegetación y los caminos rurales hacen que la llegada a este caserío sea extremadamente costosa, y si a esto le sumamos la imposible entrada de vehículos de doble tracción a la zona, la dificultad es mayor.

La Sombra se encuentra ubicada en el Cantón el Jicarito, a 16.5 Km. de distancia al centro urbano de El Triunfo, 10 Km. de calle de balastro en buenas condiciones, 3 Km de camino de tierra, que se deteriora en invierno y 3.5 km de camino rural que permanece cerrado e incomunicado en época lluviosa. La comunidad La sombra, es una agrupación de personas desplazadas por el Huracán Mitch, el cual destruyo sus hogares en el Departamento de Morazán y las cuales fueron llevadas a estas tierras por organizaciones no gubernamentales y el CENTA<sup>1</sup> con el fin de ayudarles a rehacer sus viviendas; estas organizaciones gestionaron la compra de una propiedad lo suficientemente grande para albergar a las familias afectadas, fue así como obtuvieron el terreno donde hoy se encuentra ubicada la comunidad viviendo bajo situaciones de alto riesgo y con carencia de servicios básicos.

En el año 2004 la comunidad La Sombra estaba constituida por 16 familias, a Enero de 2009 la cantidad de familias se había reducido a 14, no obstante la comunidad no piensa abandonar el lugar en donde actualmente residen, pues legalmente pertenece a cada uno de ellos.

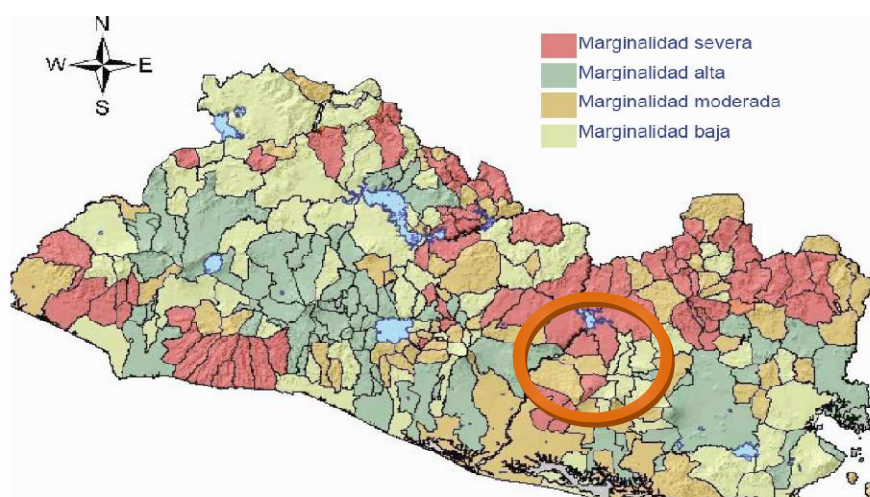
Todas las casas de la comunidad están construidas de bahareque, lámina y plástico, ninguna posee servicio de agua potable ni de energía eléctrica y solo cuentan con

---

<sup>1</sup> Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [www.centa.gob.sv](http://www.centa.gob.sv)

una fosa séptica al aire libre para toda la comunidad. Esta comunidad queda aislada en invierno por las sucesivas crecidas del río conocido como El Jicarito.

Según el FISDL, en su Mapa de Pobreza de El Salvador<sup>2</sup>, esta parte del departamento de Usulután se ubica en el apartado de Personas que viven en una extrema pobreza moderada; esto quiere decir, que aunque cuentan con las necesidades básicas como el alimento, el hogar y el vestir; no cuentan con servicios básicos y se ven afectados por la falta de empleo, el analfabetismo, la inseguridad social, la insalubridad y el escaso o carente desarrollo personal y comunal de los habitantes que viven en estas zonas del país.



*Ilustración:1 Mapa de Pobreza El Salvador, Fuente: FISDL 2005*

Para el año 2004, se gestionó el diseño de una línea de distribución que aliviara la falta de energía eléctrica en la comunidad La Sombra, pero este estudio reveló la poca factibilidad que posee el tratar de implementar dicho plan y fue dejado atrás por las autoridades. Aunque se retomó posteriormente en el año 2006 los estudios arrojaron el mismo resultado y el proyecto de electrificación quedó sólo en la etapa de pre-factibilidad.

---

<sup>2</sup> Mapa de Pobreza – Indicadores para el manejo social del riesgo a nivel municipal, FLASCO-FISDL 2005

En 2007, habiéndose visto frustrado el intento de electrificación por métodos tradicionales, la alcaldía del municipio de El Triunfo, junto con una empresa privada dedicada a la electrificación de sitios lejanos por medios no tradicionales, se dieron a la tarea de realizar un estudio que revelara la factibilidad de brindar a los habitantes de esta comunidad el servicio de Energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico para cada vivienda del caserío, aunque el estudio se realizo, la ejecución de la obra nunca se llevo a cabo por muchas razones, una de estas fueron los problemas internos que sufría la comunidad en ese periodo y que poco tiempo después fue solventado sin haber conseguido la realización del proyecto.

Esta comunidad ha estado en la mira del municipio desde hace ya varios años, con diferentes proyectos de distinta índole destinados a la mejora de la calidad de vida, pero nunca han sido asistidos en ninguno de los planes, en los cuales se han incluido por considerar prioridad de la comunidad otros trabajos no menos importantes.

A 2007, en el municipio de El triunfo<sup>3</sup> la cobertura de energía eléctrica era del 83%, el restante 17% constituida las viviendas de los caseríos más alejados que carecían del servicio de electricidad, dentro de este 17% la Comunidad La Sombra ocupa un gran porcentaje de viviendas sin energía eléctrica.

La lejanía de esta comunidad respecto a zonas urbanas del municipio hace que este servicio sea casi imposible de concebir, pues se torna excesivamente costosa la creación de una línea de distribución desde la última referencia eléctrica<sup>4</sup> existente en la zona (T36561) con el fin de brindar a los habitantes del sitio antes mencionado la oportunidad de gozar de este servicio básico.

La falta de energía eléctrica que afecta a muchas personas en las zonas de más difícil acceso en nuestro país, presenta un reto para las autoridades no solamente

---

<sup>3</sup> *Plan Participativo de Desarrollo con Proyección Estratégica, Municipio de El triunfo, Departamento de Usulután; Alcaldía Municipal de El Triunfo, USAID.*

<sup>4</sup> *Indicativo utilizado por las compañías de alumbrado eléctrico para distribuir ordenadamente en un mapa eléctrico un elemento que puede ser tomado como punto de mención para estudio, análisis o investigación.*

municipales, sino para las diferentes organizaciones del estado y no gubernamentales que se encargan en tratar de mejorar la calidad de vida de familias y comunidades en condiciones de pobreza, las cuales no cuentan con servicios básicos como lo es la energía eléctrica. Uno de estos lugares se encuentra a 107 km al este de la capital, sobre la carretera Panamericana, en el municipio de El Triunfo perteneciente al departamento de Usulután.

La comunidad La Sombra sufre muchos problemas originados por la falta de servicios importantes, los cuales se incrementan a medida pasa el tiempo. La falta del servicio de agua potable genera enfermedades diversas, así como la carencia de electricidad, la cual es causante de enfermedades de origen respiratorio y problemas de la vista debido al excesivo uso de kerosene, gas y leña para la iluminación.

Las 14 familias de la comunidad poseen niños y/o adolescentes en sus hogares siendo estos más propensos a sufrir enfermedades respiratorias y visuales. De los 22 niños y adolescentes que se encuentran viviendo en la comunidad ninguno asiste a la escuela más cercana, por decisión de sus padres ya que ninguno de ellos puede realizar actividades extra escolares por las noches debido a la falta de energía eléctrica y a la poca iluminación por métodos rudimentarios con los que cuentan para realizarlo, pues los jóvenes y niños realizan tareas varias en su hogar y en los sembradíos de sus padres en horas del día, antes o después de asistir a clases.

La carencia de electricidad en la comunidad genera inseguridad social en la misma, ya que el caserío no esta exento de la delincuencia en la zona rural. Asimismo las actividades de la casa comunal en horas nocturnas se ven disminuidas y en muchos casos suspendidas por la falta del servicio de energía eléctrica.

El aislamiento al cual esta sometido la comunidad es llamativo, la mayoría de habitantes solo conoce la radio y esta no esta disponible en su totalidad, la existencia de este medio esta ligada a la posibilidad de adquirir baterías para su utilización, recurriendo en un gasto extra y convirtiéndose en una necesidad diaria en este ambiente.

Sin embargo, la tenencia y utilización de telefonía celular es interesante. 11 familias de las 14 en total poseen este servicio y al igual que con los radios, incurren en gastos extras para poder alimentar estos aparatos, habiendo en muchos casos la necesidad de realizar esta operación varias veces por semana, generando así un costo mayor si tomamos en cuenta el consumo de baterías para la radio en el hogar.

Lo que para muchos puede representar un bien de lujo, figura para estas familias una necesidad y un servicio que debe estar disponible la mayor parte del tiempo, pues al estar alejados de zonas pobladas, percances y problemas pueden pasar desapercibidos por lo que una buena telecomunicación es esencial en estos casos.

El problema de la falta de energía eléctrica en el lugar puede ser resuelto de manera efectiva si se toman en consideración las posibles soluciones que se presentan a detalle mas adelante en este mismo documento,

Se presenta a continuación un mapa con la ubicación de la comunidad:

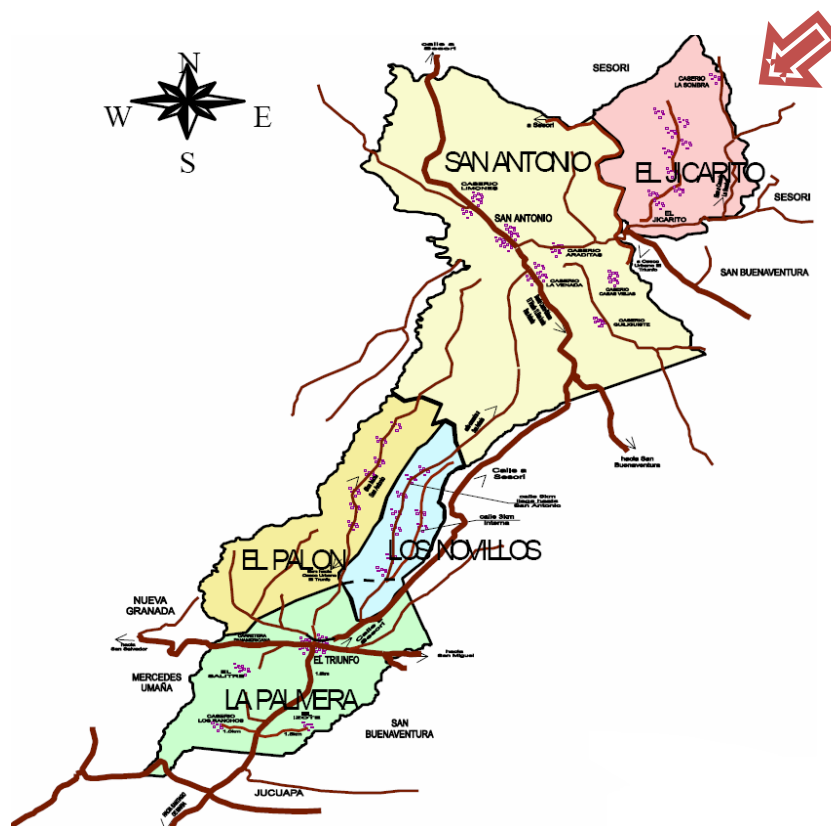
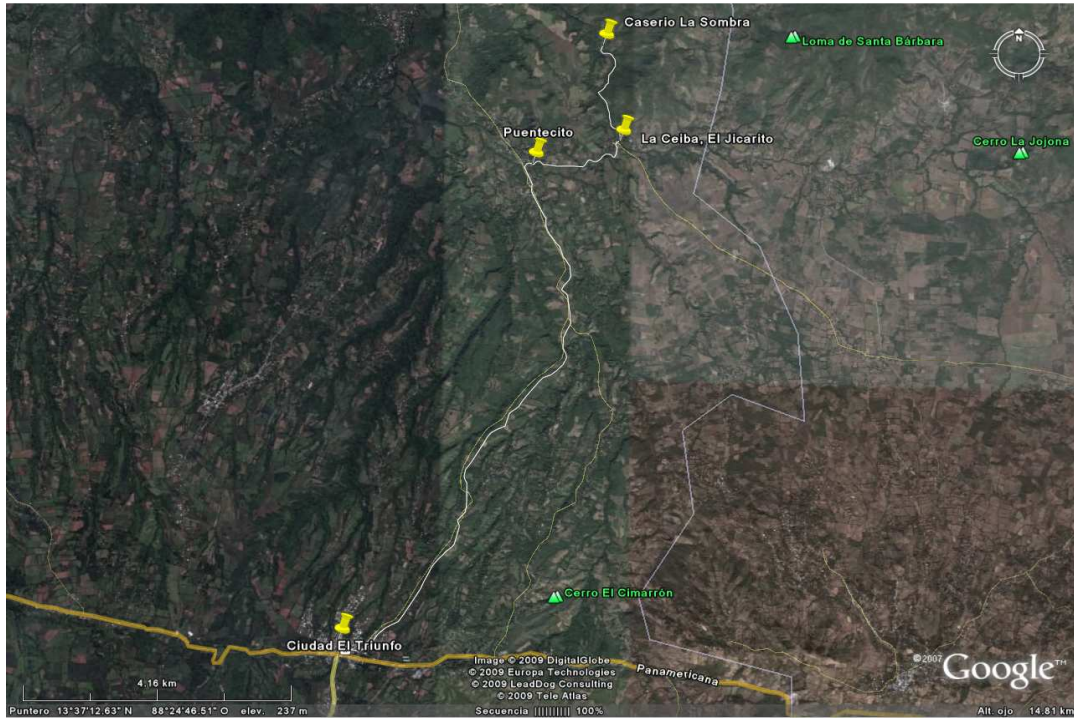


Ilustración 2: Ubicación de Comunidad La Sombra, Cantón El Jicarito, El Triunfo, Usulután

Además, se presenta una imagen satelital, para observar el terreno y el difícil acceso a la zona antes presentada:



*Ilustración 3: Mapa Satelital, Vista Aérea Frontal, Comunidad La Sombra. Departamento de Usulután*



*Ilustración 4: Ilustración Fotografía La Ceiba, El Jicarito. Limite de camino rural hacia la comunidad La Sombra.*



Ilustración 5: Fotografía La Ceiba, El Jicarito. Limite de camino rural hacia la comunidad La Sombra.



Ilustración 6: Mapa satelital, Vista Aérea lateral, Comunidad La Sombra, Departamento de Usulután

## JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL TEMA.

No se pone en duda que la energía eléctrica sea hoy en día inherente a la calidad de vida y a la civilización moderna, ya que las posibilidades de desarrollo social para todos los miembros del hogar pueden cambiar sustancialmente si cuentan con un servicio eléctrico permanente. Se generan nuevas oportunidades para los niños y adultos, es importante remarcar los principales efectos que produce la disponibilidad de energía: Eleva la calidad de vida de la población en general, posibilita mayores oportunidades de desarrollo social y económico, genera mejores condiciones socioeconómicas para incrementar la productividad, la competitividad local y regional. Sin embargo, mientras que en países desarrollados prácticamente todos sus habitantes disponen en sus hogares de electricidad, no obstante, muchos salvadoreños aun no cuentan con electricidad en sus hogares debido al alto costo de la electrificación de áreas rurales. La cobertura de electrificación en el área rural salvadoreña es del 63.6% de acuerdo al Informe de Desarrollo Humano El Salvador 2007; su carencia en 197,706 hogares rurales, es decir, el 36.6% del universo del hogar rural, limita en gran medida las oportunidades de desarrollo de la familia rural y su integración a nivel nacional, contribuyendo a la galopante emigración hacia el ámbito urbano o fuera del país.

Las familias rurales carentes de energía eléctrica y de insuficientes recursos económicos, se ven en la necesidad de utilizar leña como material energético, gas keroseno para iluminarse y baterías para accionar radios, televisores y para iluminación.

La extensión de la electrificación rural convencional, vía conexión a una red eléctrica, es bastante costosa por punto de conexión, y este costo aumenta dependiendo de que tan alejados se encuentran los poblados de la red eléctrica. Por otro lado, la experiencia ha demostrado que una electrificación de áreas remotas sobre la base de una generación local con grupos Diesel y redes locales no es sostenible y, por lo tanto, finalmente es todavía más cara que una electrificación con extensión de la red eléctrica nacional. Tomando en cuenta que en 2002 había en el país 186,590 viviendas que carecían de dicho servicio, lograr la cobertura universal del suministro

de electricidad requeriría unos US\$167.9 millones, si ese objetivo se pretendiera lograr en un año. Con esa inversión estimada, se podría introducir la energía eléctrica en términos de instalación física, aunque también sería necesario aumentar la capacidad de suministro de potencia de las generadoras, incrementar el número de generadoras de electricidad o, en su defecto, importar la demanda de energía que las generadoras locales no pudiera suministrar, por lo que se presenta factible la utilización de métodos no convencionales para poder abastecer a viviendas que se encuentren con la carencia de este servicio. Frente a esta realidad ha aparecido en los últimos años la electrificación fotovoltaica como una alternativa de solución en muchos casos, gracias a la alta disponibilidad de la energía solar en nuestro país.

La electrificación en una vivienda rural o aislada, es una de las aplicaciones más implantadas de la energía solar fotovoltaica, la cual consiste en suministrar energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos a viviendas lejos de las redes de distribución a las que resultaría inviable o muy costoso hacer llegar el tendido eléctrico. Un Sistema Fotovoltaico Domiciliario, puede proporcionar 5 - 6 kWh de electricidad por mes, esta cantidad de energía eléctrica es suficiente para satisfacer las necesidades de iluminación y telecomunicación de una familia habitante de la zona rural, y no es mucho menor que la energía eléctrica consumida por familias, que se encuentran en la misma condición y que disponen de la electricidad proveniente de la red. Adicionalmente, los sistemas fotovoltaicos domiciliarios son modulares, permitiendo ser ampliados en cualquier momento si existe la necesidad y la disponibilidad económica.

Sin embargo, las posibilidades, características y limitaciones de esta tecnología son todavía poco conocidas, inclusive entre los profesionales vinculados a la electrificación, lo que representa un obstáculo mayor para su expansión masiva en nuestro país.

Las instalaciones fotovoltaicas, a diferencia de las alternativas tradicionales de electrificación en viviendas aisladas de la red, presentan grandes ventajas en los siguientes sentidos:

- ✓ Tecnología silenciosa.
- ✓ Tecnología limpia y respetuosa con el medio ambiente.
- ✓ Requiere un mínimo mantenimiento presentando la instalación un gran periodo de vida útil.
- ✓ Desaparece la dependencia de combustibles fósiles, siempre sometidos a fluctuaciones en precio y a problemas de transporte.
- ✓ Beneficio económico, ya que la instalación se amortiza en un breve periodo de tiempo.

El usuario de instalaciones fotovoltaicas también debe de conocer sus limitaciones, principalmente en cuanto a la moderación en el consumo y el empleo de aparatos de consumo con elevados rendimientos.

Debido al bajo rendimiento de la conversión fotoeléctrica en los paneles solares, las superficies de captación instaladas son relativamente grandes, es previsible que, con el tiempo, se vaya aumentando dicho rendimiento con la consecuente disminución de superficie de paneles.

Existe hoy en día en El Salvador una tecnología fotovoltaica eficaz, todavía poco difundida, que permite satisfacer las necesidades básicas de electricidad de la población rural, que son mayormente para fines de desarrollo humano y social. La tecnología fotovoltaica es fácilmente aceptada por la población rural y, donde es conocida, es considerada útil y factible.

Los gastos para iluminación en velas y lámparas de gas, así como en pilas y baterías para el funcionamiento de radios y televisores son para una amplia parte de la población rural mayores que el costo de la electricidad fotovoltaica que suministraría un mejor servicio.

El uso de leña y gas keroseno para iluminación también ha creado un alto nivel de enfermedades respiratorias por la inhalación de gases tóxicos.

El aprovechamiento de los recursos energéticos renovables proporciona importantes beneficios ambientales para la comunidad. Algunos de ellos consisten en evitar la contaminación del aire y el agua, contribuir a buscar una mejor comodidad a la población rural en sus hábitats, mejorar la cantidad y calidad de sus oportunidades educativas y de su nivel sanitario.

El desarrollo de un país, entendido como el proceso de incrementar en forma sostenida el nivel de vida de las personas, debe ser integral; es decir, debe incorporar todos los ámbitos y sectores, en favor de lograr una equitativa distribución de la riqueza. De esta forma, el desafío de alcanzar un desarrollo integral con equidad exige que se incorporen las áreas rurales al progreso socioeconómico de la sociedad.

En países en vías de desarrollo, la gente tiene pocas esperanzas de obtener electricidad por redes de distribución en un futuro cercano. El esperado crecimiento del consumo de energía en muchos países de Asia, América Latina y África, utilizando energía renovable ofrece oportunidades empresariales muy prometedoras para la industria fotovoltaica.

## **DEFINICIÓN DEL TEMA.**

Estudio técnico-económico para factibilidad de electrificación rural en la comunidad La Sombra a partir de energía solar fotovoltaica.

El trabajo de investigación consistirá en analizar con base a un estudio técnico-económico de la existencia de factibilidad para la electrificación rural de la comunidad a partir de energía solar fotovoltaica, a diferencia de realizarla a través de la red convencional.

### **Objetivo general.**

Realizar el estudio, análisis y conclusiones para el abastecimiento de electricidad en pequeñas demandas a viviendas y centros comunitarios en el medio rural a partir de energía renovable, fomentando de esta forma el desarrollo productivo, y mejorando la calidad de vida, las oportunidades a la educación y la salud de estas familias.

### **Objetivo específico.**

1. Investigar y analizar la propuesta de electrificación rural, a través de un mini parque centralizado.
2. Investigar, analizar y hacer el diseño de la propuesta de electrificación rural, a través de un sistema fotovoltaico por vivienda.
3. Hacer el diseño de la propuesta de electrificación rural, a través de una línea de distribución con postes de concreto.
4. Comparar los diseños de las propuestas antes mencionadas para conocer cual es el proyecto más factible.

### **Alcances.**

1. Realizar el diseño eléctrico de los sistemas fotovoltaicos centralizado e individual por vivienda.
2. Realizar el diseño del sistema eléctrico de la red de distribución, para alimentación de la comunidad.

3. Realizar el presupuesto de los sistemas fotovoltaicos.
4. Hacer el presupuesto estimado de la red de distribución.
5. Alimentar las cargas domiciliarias en voltaje alterno, con el fin de obtener un sistema funcional.

**Limitaciones.**

1. El trabajo de investigación que se realizará, llegará hasta la etapa de estudio de factibilidad.

## PROYECCIÓN SOCIAL.

Una proyección social tiene como objetivo central identificar y diseñar un proyecto destinado a distintos niveles sociales. El importante desarrollo de estos proyectos se basa en intentar dar respuestas a problemas y necesidades, como salud, educación, niños en riesgo, ancianidad, sectores marginales y otras problemáticas.

Se pretende a través de esta clase de proyectos, la disminución del número de familias y comunidades, que no cuentan con el servicio de energía eléctrica en zonas rurales, y que utilizan métodos rudimentarios para iluminación como el Kerosene y la leña, las cuales causan enfermedades respiratorias y oculares e impiden en gran medida el desarrollo social de una comunidad.

Además, se trata de fortalecer el servicio educativo en comunidades alejadas de las zonas pobladas de todo el país, ofreciendo en los hogares un ambiente confortable y digno capaz de desarrollar en los niños, jóvenes y adultos un hábito de estudio brindando una oportunidad de desarrollarse para desenvolverse práctica y eficazmente en la sociedad salvadoreña.

Un programa de “Electrificación rural a través de paneles fotovoltaicos” busca mejorar las condiciones de vida de las comunidades, fortaleciendo las actividades productivas y los servicios informales de telecomunicación.

A su vez, facilitando este servicio básico se intenta favorecer a familias y comunidades de escasos recursos para que puedan sobrepasar sus condiciones de vida actual, ayudando al país a disminuir su tasa de extrema pobreza presente.

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, HISTORIA Y SITUACION ACTUAL.

El término fotovoltaico proviene del griego “phos”, que significa “luz” y “voltaico”, que proviene del campo de la electricidad, en honor al físico italiano Alejandro Volta, que también proporciona el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de medidas.

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construyó hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts; Russell Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles.

La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los Laboratorios Bell, descubrieron que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz.

Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de aproximadamente el 6%. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Iles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics.

La primera compañía que manufacturó paneles solares en cantidades industriales, a partir de uniones simples de GaAs<sup>5</sup>, con una eficiencia de AM0 (Air Mass Zero) del 17% fue la norteamericana ASEC (Applied Solar Energy Corporation)

Una celda de uniones simples de GaAs llegó al 19% de eficiencia AM0 en 1993. ASEC desarrolló la primera celda de doble unión para las naves espaciales usadas en los EEUU, con una eficiencia de un 20% aproximadamente.

---

<sup>5</sup> *arseniuro de galio*

Estas celdas no usan el germanio como segunda celda, pero usan una celda basada en GaAs con diferentes tipos de dopaje. De manera excepcional, las células de doble unión de GaAs pueden llegar a producir eficiencias AM0 del orden del 22%.

Las uniones triples comienzan con eficiencias del orden del 24% en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, y han llegado, de manera corriente al 30% en el 2007. En 2007, dos compañías norteamericanas Emcore Photovoltaics y Spectrolab, producen el 95% de las células solares del 28% de eficiencia.

### **Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas<sup>6</sup>**

La primera generación de células fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol.

La segunda generación de materiales fotovoltaicos se basa en el uso de depósitos muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores.

Hay dos clases de células fotovoltaicas: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas (28-30%), pero tienen un coste por vatio más alto. En las aplicaciones terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo coste, pero tienen una más baja eficiencia AM0 (7-9%), y por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales. La segunda generación de células solares constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, y aproximadamente el 90% del mercado espacial.

La tercera generación de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad (2007), son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga foto generada. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que incluyen células foto

---

<sup>6</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Placa\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Placa_solar)

electroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nano cristales y células solares de tintas sensibilizadas.

### **Breve historia de los sistemas fotovoltaicos.**

Las investigaciones iniciales en este campo se enfocaron al desarrollo de productos para aplicaciones espaciales, siendo su primera utilización exitosa en la fabricación de satélites artificiales. Sus características principales las hicieron ideales para el suministro de energía en el espacio exterior.

Las celdas fueron comercializadas por primera vez en 1955. Pero sólo a comienzos de los ochenta, comenzaron a establecerse compañías fotovoltaicas. Fue en esta década también que en Estados Unidos, el National Renewable Energy Laboratory (NREL) estableció los métodos y estándares de prueba y funcionamiento para los módulos fotovoltaicos. Estas actividades ayudaron a las compañías a reducir sus costos y mejorar su funcionamiento, eficiencia y confiabilidad.

Existen distintos tipos de paneles fotovoltaicos. Su clasificación depende de su proceso de fabricación, de su precio, su rendimiento y su aplicación.

#### *Celdas de Silicio cristalino.*

Son las celdas que predominan hoy en el mercado mundial. Esto se debe a sus características: madurez, confiabilidad y larga vida útil (de 20 a 30 años).

#### *Células amorfas.*

Son celdas de bajo costo, pero las menos duraderas y rendidoras. Su eficiencia es de un 6% y tiende a cero con su envejecimiento. Proporcionan una cantidad de energía muy baja. Se construyen a base de evaporar encima de un cristal el material semiconductor o foto reactivo y colocar un par de electrodos en cada una de las unidades correspondientes.

### *Sistemas fotovoltaicos hoy.*

Cómo ya hemos dicho, lo importante de este tipo de energía es que hoy se está utilizando un porcentaje muy menor de todo el potencial que tiene en realidad. El hombre, por tanto, debe concentrarse en la tarea de seguir perfeccionando los métodos ya existentes y, a la vez, de inventar nuevos métodos para aprovechar el sol. Debe avanzar en hacer de este método algo usual y competitivo, en el sentido de poder ser una alternativa a otros sistemas energéticos.

Los precios de las células han caído en picada, de US\$3500 cuando comenzaron a ser fabricadas en los 70 a unos US\$500 que cuestan hoy. Eventualmente el aumento de la eficiencia de las células es decir, la posibilidad de que se necesiten cada vez menos células para generar una misma cantidad de energía) permitirá abaratar aún más los costos

Actualmente se está haciendo un enorme esfuerzo por bajar el costo hasta US\$200, hoy los estudios de investigación de este tipo de energía se basan en dos áreas fundamentales, es decir; en aplicaciones y manufactura de células. En lo que se refiere a manufacturas, se estudian tanto las materias primas utilizadas como los métodos de fabricación de células. Hoy se estudia la posibilidad de reemplazar el silicio por otros materiales semiconductores, que quizás necesiten un menor refinamiento antes de ser usados en el proceso. En cuanto a la manufactura de las células, lo que se estudia es la posibilidad de métodos más sencillos de purificación del material, de cortar los cilindros de material en finas capas para hacer las células y de una producción más eficiente de células en general.

En el año 1995 había en la Unión Europea un total de 66 empresas dedicadas a la producción de células fotovoltaicas y la producción de éstas llegó a los 22 MWp<sup>7</sup>, lo que representaba un 30% de la producción mundial en este campo. Sin embargo, aproximadamente un 50% de esta producción se destina a la exportación a países en vías de desarrollo. La UE es el sector dónde más intensamente se ha desarrollado la industria fotovoltaica. Alemania, Italia, Suiza y España son los países

---

<sup>7</sup> MWp: Mega Watt pico de Energía solar

más avanzados en este sentido y tienen la potencia instalada más grande. Un estudio realizado por EPIA (Asociación Europea de Industrias Fotovoltaicas) anunció que para el año 2010, la potencia total de los sistemas instalados rondará los 7000 MWp. La tendencia es, claramente marcada hacia un aumento de las aplicaciones conectadas a la red eléctrica e integrada a los edificios.

#### *Situación nacional.*

La utilización de paneles solares para reducir el costo de facturación eléctrica o para suministrar este servicio básico a población de escasos recursos, que viven en zonas donde no se cuenta con la facilidad para la conexión a la red nacional, se viene realizando en nuestro país desde hace muy poco tiempo, hace 20 años esta tecnología en el país era totalmente desconocida, y si alguien sabía de ella no era muy bien vista no solamente por su alto costo, sino por su ineficiencia.

Como hemos visto, estas características han ido cambiando muy rápidamente en los últimos 20 años, ahora se cuentan con equipos más eficientes y menos costosos, lo cual ha hecho de esta tecnología una opción para muchas personas en diversos sectores de la sociedad.

El Salvador, ahora cuenta con empresas dedicadas a la instalación de sistemas fotovoltaicos no solamente en el área rural sino también en las zonas con densidad de población alta debido a las distintas aplicaciones que se pueden tener con este sistema y las diversas opciones de insumos con los que cuenta el mercado.

Una de las instituciones en llevar a cabo un proyecto de esta índole en nuestro país fue la Escuela Alemana, la cual comenzó en 2005 la construcción de un sistema capaz de alimentar la cuarta parte del consumo de la institución mencionada, para esa fecha ese proyecto se convertiría en la planta fotovoltaica de generación de energía eléctrica más grande de América Latina, y produciría 30,000 kwh (kilovatios hora) al año, beneficiando a la institución con una reducción en su facturación eléctrica.

La colocación de los 123 paneles que conformarían la instalación se comenzó en febrero de 2005 y fue finalizada en marzo del mismo año a un costo aproximado de 130 mil euros (unos 176,800 dólares).

Este proyecto fue el primero de este tipo no solamente en El Salvador, sino también en América Latina, pues además de generar para si mismos, inyectaban a la red de la distribuidora de energía eléctrica cuando había un excedente en la institución.

Después de este proyecto, la utilización de paneles solares para usos diversos comenzó a aumentar, la Universidad José Simeón Cañas (UCA), les siguió en su ejemplo, y aplicaron un sistema similar en el edificio Martín Baró, el cual se encuentra dentro de su campus, ahora se están utilizando estos sistemas en zonas rurales para suministrar energía eléctrica, proyectos por parte del FISDL y FOMILENIO han impulsado estas nuevas tecnologías, y hasta se puede observar alumbrado público en lugares aislados utilizando paneles solares.

Actualmente el FISDL con ayuda de cooperación internacional, la municipalidad y otras instituciones está ejecutando proyectos de electrificación en diferentes cantones y caseríos de la zona rural salvadoreña, uno de estos lugares, es Jujutla en el departamento de Ahuachapán, en dicho proyecto se colocara 255 paneles solares para llevar el servicio de energía eléctrica a estas comunidades, con el fin de aliviar levemente la situación en la que encuentran actualmente.

Empresas establecidas en el mercado nacional, que utilizan esta práctica como forma de trabajo han presentado un incremento en sus proyectos, por lo que hoy más que nunca se percibe esta tecnología como atractiva y como solución alterna al problema del servicio eléctrico y reducción de costos.

## ASPECTOS FÍSICOS Y GEOGRÁFICOS DE LA COMUNIDAD LA SOMBRA.

### Aspectos Generales.

La Comunidad la sombra esta ubicada en la parte Norte del departamento de Usulután, limita al norte con los cerros Las Guaras, La Sombra y La Piedra, al sur y oeste con el rio conocido como “El Jicarito” y finalmente al este con la Loma de Santa Bárbara en el límite del departamento Usulután-San Miguel.

Geográficamente, la zona esta ubicada en las siguientes coordenadas:

<b>Latitud</b>	<b>13°38'56.95"N (13.649153 N)</b>
<b>Longitud</b>	<b>88°23'37.81"O (88.393836 O)</b>

Tabla 1: Ubicación geográfica de la Zona de estudio

Estos datos se utilizarán en el cálculo de posicionamiento de la instalación prevista, ya que la posición geográfica determina la orientación de los paneles solares a fin de brindar eficiencia y una posición favorable en todas las épocas del año.

El Salvador se encuentra situado en la parte exterior del Cinturón Climático de los Trópicos, caracterizado por tener unas propiedades térmicas casi constantes durante todo el año y dos estaciones muy marcadas, una lluviosa y otra seca. Las precipitaciones se concentran casi exclusivamente durante la estación lluviosa, si bien, dentro de ella pueden aparecer grandes oscilaciones. Sus valores máximos suelen darse unas semanas después del paso del sol por su cenit<sup>8</sup>.

La estación seca se presenta durante el semestre que comprende los meses de noviembre a abril, presentándose las máximas temperaturas al final de la misma, en el mes de abril, antes del comienzo de la estación lluviosa. La zona de estudio presenta temperaturas moderadas durante la mayor parte del año (25°C a 30°C), y una leve caída de temperatura ( $\approx 20^\circ\text{C}$ ) que se registra por las noches gracias a la

---

<sup>8</sup> Se denomina **cenit**, a la intersección entre la vertical del observador y la esfera celeste. Es decir: si se imagina una recta que pasa por el centro de la Tierra y por nuestra ubicación en su superficie, el cenit se encuentra sobre esa recta, por encima de nuestras cabezas. Es el punto más alto del cielo.

posición geográfica del caserío, pues este se encuentra entre montañas. Es considerada zona de riesgo de incendios en época seca.

La época lluviosa representa para los habitantes del caserío un peligro debido a las constantes precipitaciones en el sector y sectores aledaños. Durante periodos de tiempo variables, esta comunidad queda aislada e incomunicada de los demás pueblos por los repetidos desbordes del río conocido como “El Jicarito”. Durante esta época del año el traslado de la comunidad La Sombra y los caseríos aledaños hacia el centro urbano del municipio y sus alrededores se vuelve casi imposible, por las extremas condiciones en los que se encuentran las vías de acceso.

Con los datos obtenidos a lo largo de más de 50 años se han podido establecer unas fechas promedio para el comienzo y el final de las dos estaciones, así como para los intervalos de transición que hay entre ellas:

<b>Época del año</b>	<b>Principio</b>	<b>Final</b>	<b>Días</b>
Estación seca	14 noviembre	19 abril	157
Transición seca-lluviosa	20 abril	20 mayo	31
Estación lluviosa	21 mayo	16 octubre	149
Transición lluviosa-seca	17 octubre	13 noviembre	28

*Tabla 2:: Duración aproximada de las estaciones climáticas en El Salvador. Fuente: Caracterización de los riesgos geológicos y dimensionamiento de los recursos hidrogeológicos de Nejapa realizado por Geólogos del Mundo y la UCA en agosto de 2003.*

### **Mediciones de viento**

Otra característica del clima en este país son los Alisios, vientos predominantes de rumbo noreste, que transportan aire frío procedente del Ártico hacia los trópicos. Se puede observar, también, un buen desarrollo del sistema que lleva aire del mar hacia tierra y sus zonas inmediatas. El viento se genera por el calentamiento desigual de la superficie de la tierra realizado por el sol (tabla 3).

<b>Tipo de viento</b>	<b>Descripción</b>
Vientos alisios de carácter regional	El Salvador está sometido a la influencia de los vientos alisios, que constituyen los vientos más constantes de todo el planeta. Estos soplan en la dirección NE desde las regiones de altas presiones de las latitudes medias hacia la zona de calmas

	ecuatoriales o frente intertropical. Estos vientos afectan con mayor intensidad las zonas de mayores alturas del territorio.
Vientos de carácter local: brisas mar-tierra	Poseen dos direcciones, la primera se produce en sentido mar-tierra durante el día, debido al gran calentamiento que se opera en la superficie terrestre, que provoca una zona de menor presión. Mientras, sobre la superficie del océano Pacífico, que se encuentra más fría, se genera una zona de mayor presión, lo que provoca que el aire circule en sentido océano-tierra. Estas brisas marinas pueden llegar a penetrar hasta unos 100 Km tierra adentro, llegando hasta el valle medio del Río Lempa. Por la noche se produce el fenómeno contrario, debido a la rápida pérdida del calor del continente, y el mayor calentamiento de la masa de agua del océano.
Vientos de carácter local: brisas montaña-valles	Estos vientos poseen dos direcciones en función del momento del día. Durante el día las zonas más altas del país se calientan más rápidamente que los valles y mesetas, por lo que se generan vientos locales que soplan desde los valles y mesetas hacia las zonas montañosas (brisas del valle), suavizando las temperaturas diurnas de las áreas de mayor altura del país. Cuando llega la noche las zonas altas del país se enfrían rápidamente, mientras que las zonas bajas (valles y mesetas) pierden lentamente el calor acumulado durante el día, por lo que las brisas soplan desde las zonas montañosas hacia los fondos de los valles y mesetas (brisas de montaña), suavizando las temperaturas nocturnas de las zonas bajas.

Tabla 3: Régimen de vientos en El Salvador

Según los resultados de este estudio las velocidades instantáneas máximas (ráfagas) registradas en las estaciones meteorológicas del país están en el rango de 4.5 a 7.8 m/s (16.2Km/h a 28.08Km/h). Según la escala de velocidades de la tabla 4 estas velocidades máximas corresponden a vientos de tipo 3 y 4, es decir, moderados.

En general las velocidades de vientos promedios anuales registrados por el proyecto SWERA-UCA oscilan entre 1.12 a 3.91 m/s<sup>9</sup>, lo que equivale a vientos de tipo 1 a 3 entre ligeros y moderados.

<sup>9</sup> Datos registrados en estaciones meteorológicas a 10 magl (meters above ground level). Es decir, metros sobre el nivel del suelo.

Velocidades del viento en m/s	Tipo	Descripción
<b>0.0 - 0.4</b>	0	Calma
<b>0.4 – 1.8</b>	1	Ligero
<b>1.8 – 3.6</b>	2	
<b>3.6 – 5.8</b>	3	
<b>5.8 – 8.5</b>	4	Moderado
<b>8.5 – 11.0</b>	5	Fresco
<b>11.0 -14.0</b>	6	
<b>14.0 -17.0</b>	7	
<b>17.0 - 21.0</b>	8	Temporal
<b>21.0 - 25.0</b>	9	
<b>25.0 - 29.0</b>	10	Fuerte temporal
<b>29.0 - 34.0</b>	11	
<b>&gt; 34.0</b>	12	Huracán

Tabla 4: Escala de velocidades de viento. Velocidades de viento a 10 m de altura.

El proyecto SWERA ejecutado por la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas consideró datos de viento horarios de 18 estaciones las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Estación	Nombre	Longitud	Latitud	Elevación
A12	Santa Ana El Palmar	-89.5700	13.9766	725
A31	Planes de Montecristo	-89.3600	14.3983	1851
A35	Cerro Verde	-89.6233	13.8266	2030
B10	Cerrón Grande	-88.7850	13.9383	600
G3	Nueva Concepción	-89.2900	14.1250	320
H13	Apaneca Santa Leticia	-89.7816	13.8616	1300
H8	Ahuachapán	-89.8600	13.9433	725
L18	El Boquerón	-89.2816	13.7350	1800
L4	San Andrés	-89.4067	13.8083	460
M23	Cerro Cacahuatique	-88.2317	13.7633	1975
M6	El Papalón	-88.1267	13.4400	1960
N15	La Unión	-87.8816	13.3316	95
S10	Aeropuerto Ilopango	-89.1183	13.6983	615
S27	Estación Matriz	-89.1433	13.6883	650
U11	Beneficio La Carrera, Usulután	-88.5250	13.3300	75
V13	Apastepeque	-88.7466	13.7000	570
V6	Santa Cruz Porrillo	-88.8033	13.4400	30
Z4	La Galera	-88.0866	14.0430	1900

Tabla 5: Estaciones con mediciones de viento consideradas en el proyecto SWERA.

La estación U11 ubicada en el departamento de Usulután, es la mas cercana a la zona de estudio, los datos obtenidos en este lugar de monitoreo ofrecen información que muestra comportamientos a través de los meses y las distintas estaciones del año ampliando de esta manera el análisis de la zona de estudio al contar con una información diversa y detallada.

La tabla siguiente muestra la velocidad del viento en m/s obtenida en los meses del año, colocando al final el promedio anual de la velocidad del viento.

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio Anual
a12	2.39	2.27	2.19	2.37	1.83	1.62	1.73	1.72	1.58	1.82	1.99	2.41	1.95
a31	2.8	3.83	2.4	2.83	1.64	1.71	2.92	2.65	1.77	3	3.57	3.61	2.65
a35	4.55	4.76	3.09	3.55	2.35	2.67	5	3.95	3.55	4.28	5.08	5.38	3.91
b10	1.65	1.76	1.78	1.6	1.37	1.24	1.41	1.41	1.31	--	1.42	1.7	1.12
g3	1.47	1.55	1.45	1.45	0.95	0.78	0.75	0.94	0.8	0.86	0.97	1.42	1.12
h13	2.96	1.85	1.76	1.65	1.36	1.26	1.72	1.76	1.49	2.17	2.43	1.99	1.74
h8	1.87	1.86	1.81	1.74	1.43	1.19	1.36	1.22	1.11	1.28	1.66	1.79	1.55
l18	2.76	2.62	1.87	1.48	1.25	1.45	1.85	1.82	1.65	2.01	2.96	3.11	2.08
l4	1.51	1.76	1.69	1.63	1.68	1.06	1.09	1.09	1.07	0.09	1.24	1.48	1.34
m23	2.16	2	2	1.97	1.69	1.9	2.16	2.13	1.83	2.12	2.12	2.79	2.12
m6	1.6	1.55	1.69	1.64	1.26	0.98	1.09	1.1	0.87	0.83	0.89	1.39	1.26
n15	2.38	3.34	3.12	2.67	2	1.7	1.65	1.51	1.43	1.39	1.57	2.16	1.87
s10	3.12	2.84	3.06	2.81	2.13	1.89	2.1	2.05	1.87	2.11	2.67	3.11	2.44
s27	1.66	1.73	1.68	1.71	1.24	1.28	1.28	1.29	1.23	1.31	1.49	1.64	1.5
u11	1.79	1.87	1.74	1.77	1.67	1.62	1.73	1.52	1.48	1.49	1.57	1.65	1.64
v13	--	--	--	--	2.41	1.44	1.35	1.53	1.29	1.17	--	--	1.5
v6	1.86	1.8	1.49	1.64	1.18	1.18	1.62	1.26	1.13	1.06	1.34	1.72	1.43
z4	3.54	4.54	1.5	2.66	1.85	2.47	3.14	3.21	2.26	3.28	3.79	4.34	2.88

Tabla 6: Velocidad promedio del viento en m/s obtenidas en el proyecto SWERA.

Basándose en los cambio de estación, se obtiene una tabla con la velocidad del viento en m/s. Estos datos han sido obtenidos en base a la información de la tabla 6. En esta tabla podemos observar que la velocidad del viento es mayor en los meses que conforman la época seca. (Ver tabla 2), y aunque posee un valor mas elevado no representa un riesgo ya que se mantiene en el rango de velocidades ligeras de viento.

Estación meteorológica	Seca	Seca - Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa - Seca
a12	2.29	1.94	1.68	2
a31	3.12	1.78	2.17	3.93
a35	4.31	2.41	3.8	4.57
b10	1.67	1.58	1.45	1.45
g3	1.44	1.11	0.91	1.4
h13	2.23	1.4	1.6	2.67
h8	1.81	1.46	1.25	1.63
l18	2.5	1.19	1.7	2.71
l4	1.34	1.78	1.07	1.29
m23	2.38	1.64	1.96	--
m6	1.52	1.32	1	0.86
n15	2.36	2.28	2.37	1.37
s10	3.02	2.18	1.97	2.42
s27	1.66	1.53	0.73	1.47
u11	1.72	1.68	1.58	1.5
v13	--	2.81	1.44	1.2
v6	1.67	1.26	1.37	1.27
z4	3.35	2.06	2.66	3.79

Tabla 7: Datos de velocidad del viento en m/s para cada una de las estaciones climáticas del país.

Cálculos basados en la tabla 6

El caserío se encuentra a 206 msnm, por lo que la velocidad del viento será mas elevada que en la estación de monitoreo, pero aun con una mayor altitud el rango se mantiene en un nivel ligero.

### Descargas atmosféricas.

La zona cuenta con un nivel isoceráunico de 71<sup>10</sup>, lo cual nos indica una actividad media de descargas eléctricas.

La zona a la que pertenece la Comunidad La Sombra, presenta valores típicos en su climatología que varían levemente cada año, y aunque es una región poco conocida posee características normales del sector en el que se ubica.

<sup>10</sup> El parámetro universalmente aceptado para caracterizar la actividad eléctrica atmosférica de una región ha sido el Nivel Ceráunico, definido como el número de días del año en que por lo menos es escuchado un trueno.

## **Características solares.**

Un apartado que es importante en esta investigación, es el estudio de las características solares de la zona, las cuales serán de utilidad en la etapa del diseño del sistema fotovoltaico. Por tal motivo, se presentan dos parámetros que deberán tomarse en cuenta en el momento de proyectar la instalación prevista.

### **Brillo solar.**

El brillo solar se expresa como el número de horas en las cuales el sol brilla en una superficie específica. Este valor cambia con diferentes factores, tales como: las estaciones climáticas presentes en el lugar de estudio, las coordenadas geográficas, variables como la precisión de los aparatos de medición entre otros.

Para el parámetro de luz solar existen tres tipos de bandas: la curva larga, corta y recta (ver ilustración 7). Cada una de estas bandas se coloca en el heliógrafo<sup>11</sup> en distintas épocas de año seleccionadas de acuerdo al desplazamiento y orientación del sol. Cada una de las bandas está dividida de manera horaria en el rango de las 6 a las 18 horas.

Según la época del año se utilizan tres tipos distintos de bandas, para el hemisferio norte:

1. Desde comienzos de marzo hasta mediados de abril y desde comienzos de septiembre hasta mediados de octubre (alrededor de cada equinoccio<sup>12</sup>) se utilizan bandas rectas. Son llamadas bandas equinocciales y se acoplan a las ranuras centrales del soporte.
2. Desde octubre hasta fin de febrero se utilizan bandas curvadas cortas, que se colocan en las ranuras superiores.

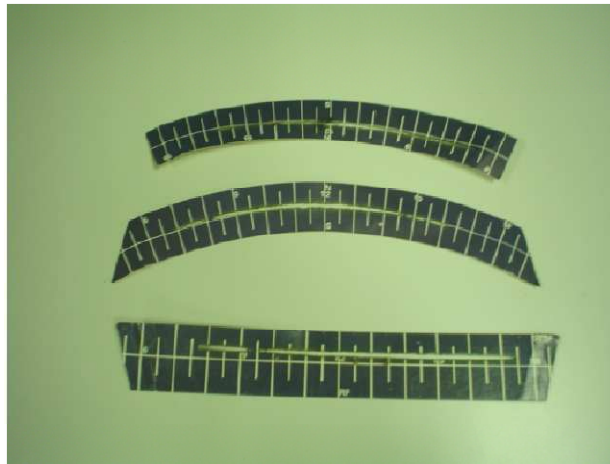
---

<sup>11</sup> El heliógrafo es un aparato meteorológico que mide la duración de la insolación diaria.

<sup>12</sup> Se denomina equinoccio al momento del año en que los días tienen una duración igual a la de las noches en todos los lugares de la Tierra. La palabra equinoccio proviene del latín *aequinoctium* y significa "noche igual".

3. El resto del año, de abril hasta agosto, se usan bandas curvadas medianas, colocadas entre las ranuras inferiores.

En el hemisferio sur se invierte el uso de las bandas en los períodos definidos arriba.



*Ilustración 7: Tres tipos de bandas para medir brillo solar (horas diarias de luz solar).*

Radiación solar.

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol, La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la *irradiancia*, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado).

El estudio de la dirección con la cual incide la irradiación solar sobre los cuerpos situados en la superficie terrestre, es de especial importancia cuando se desea conocer su comportamiento al ser reflejada. La dirección en que el rayo salga reflejado dependerá de la incidente.

Con tal fin se establece un modelo que distingue entre dos componentes de la irradiación incidente sobre un punto: La irradiación solar directa y la irradiación solar difusa.

Irradiación Solar Directa, es aquella que llega al cuerpo desde la dirección del Sol.

Irradiación Solar Difusa, es aquella cuya dirección ha sido modificada por diversas circunstancias ( densidad atmosférica, partículas u objetos con los que chocar, re-emisiones de cuerpos, etc.). Por sus características esta luz se considera venida de todas direcciones.

La suma de ambas es la irradiación total incidente. La superficie del planeta está expuesta a la radiación proveniente del Sol. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares.

Por supuesto, dada la lejanía del Sol respecto de nuestro planeta, podemos suponer, con muy buena aproximación, que los rayos del Sol inciden esencialmente paralelos sobre el planeta. No obstante, en cada punto del mismo, localmente considerado, la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud. Dicha inclinación puede definirse a través del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar.

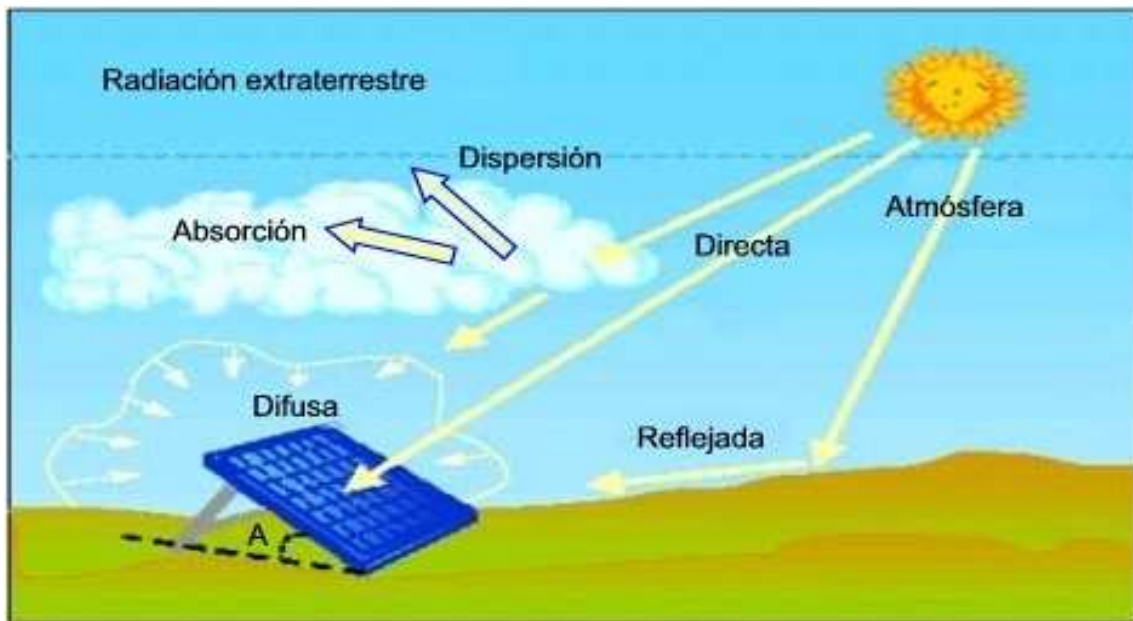
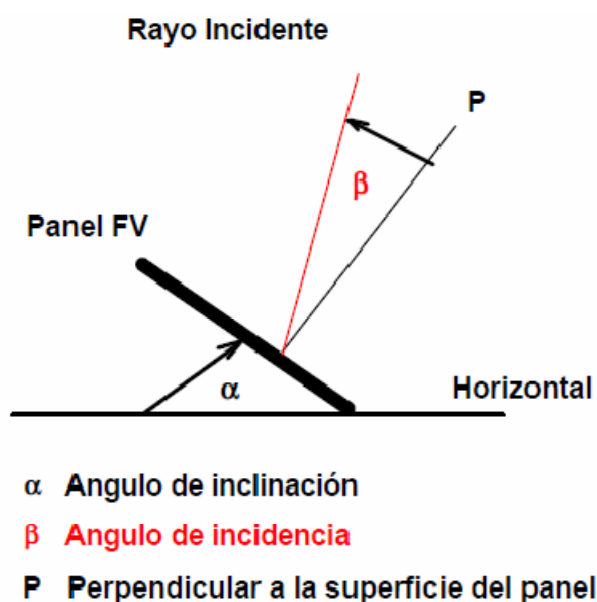


Ilustración 8: Esquema de radiación solar sobre un panel

Ángulo de inclinación.

Es la posición de inclinación óptima para el funcionamiento de los paneles de un sistema solar, dicho parámetro está determinado por muchos factores, entre ellos la radiación incidente en el lugar donde va situada la instalación, y la posición solar, donde influye la sombra de objetos que no pueden ser eliminados, como edificios, montañas, etc. Además, las características de la instalación, o sea, si es única o híbrida, autónoma o acoplada a la red y el objetivo de la instalación, lo que define el régimen de uso y de consumo. En todo caso, la optimización de un sistema solar está dada por el factor económico de la instalación en su conjunto y no por la eficiencia óptima de una de las partes.



*Ilustración 9: Angulo de inclinación y de incidencia*

El ángulo de inclinación ( $\alpha$ ) es el formado entre la superficie colectora y la horizontal del lugar (ilustración 9). Para un valor del ángulo de inclinación, dependiendo de la posición del sol sobre el horizonte, existirá un valor para el ángulo de incidencia ( $\beta$ ) que forma la perpendicular a la superficie de colección con los rayos incidentes.

## **Datos de Radiación y brillo solar en El Salvador.**

Al ver la importancia de dichos parámetros en el estudio expuesto, y sabiendo que una investigación para obtener datos promedios de estos dos valores puede llevar varios años, presentamos antecedentes que han sido recopilados en una investigación extensa realizada por la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”(UCA), el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET/MARN), llamado proyecto SWERA<sup>13</sup> con ayuda de los Registros de radiación y brillo solar recopilados por el proyecto de Solarimetría de la Universidad de El Salvador.

El estudio de Solarimetría de la Universidad de El Salvador, contó con datos de radiación solar de 10 estaciones meteorológicas y brillo solar (horas de luz solar) en 21 estaciones. Usando modelos matemáticos les fue posible estimar la radiación solar en estaciones que tenían registros de brillo solar únicamente pero no de radiación solar. De esta forma se obtuvieron datos de radiación solar en 22 estaciones del país (10 con mediciones reales).

Las tablas de radiación solar y brillo solar (horas de luz solar) fueron publicadas en un documento de septiembre de 1989 como resultado del proyecto “Solarimetría” ejecutado por la UES<sup>14</sup> de 1986 a 1987 con el financiamiento de la OEA. Luego en 2005 las instituciones anteriormente mencionadas recuperaron la información del estudio realizado por la Universidad de El Salvador y se completo con los datos del proyecto conjunto que se venía ejecutando desde 1994 cuya finalidad era la creación de un mapa de radiación y brillo solar que ayudase a estimar el potencial solar en nuestro país.

Se presenta un mapa de El Salvador con la ubicación de las estaciones de monitoreo que fueron empleadas para la recolección de datos:

Estaciones que han registrado radiación solar:

---

<sup>13</sup> *Site selection for wind power project in El Salvador. (proyecto Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador).*

<sup>14</sup> *Universidad de El Salvador, sitio web: [www.ues.com](http://www.ues.com)*

Código	Estación	Departamento
A31	Los planes de Montecristo	Santa Ana
H8	Ahuachapán	Ahuachapán
G3	Nueva Concepción	Chalatenango
G13	Las Pilas	Chalatenango
S5	Observatorio	San Salvador
S27	Estación Matriz	San Salvador
Z4	La Galera	Morazán
N15	La Unión	La Unión
V13	Apastepeque	San Vicente
<b>U11</b>	<b>Beneficio La Carrera</b>	<b>Usulután</b>

Tabla 8: Estaciones utilizadas para recolección de datos de radiación solar, con códigos y ubicaciones geográficas

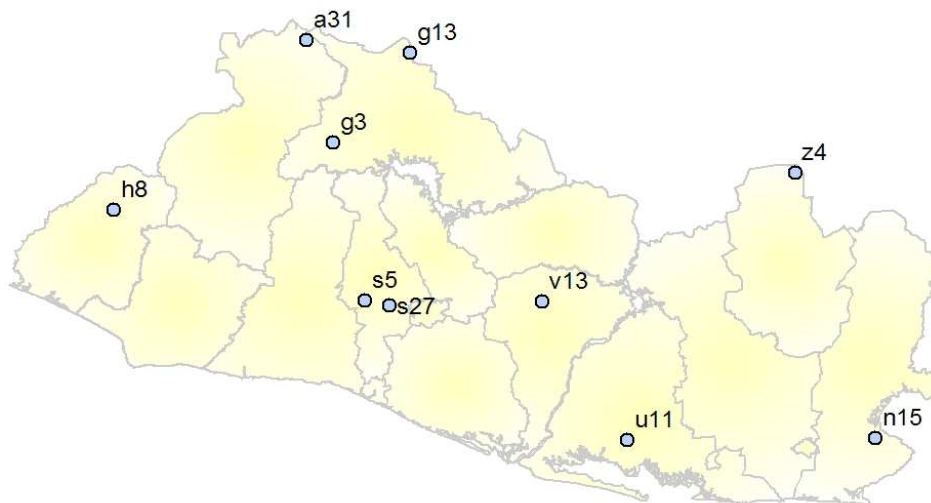


Ilustración 10: Mapa de Ubicación de las estaciones que registraron radiación solar.

A continuación se muestran los datos de Solarimetría y del proyecto SWERA

Estación	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic.
A31	4,5	4,8	4,8	4,2	3,5	3,5	4,7	4,0	3,3	3,8	4,2	4,2
G13	3,9	4,1	4,5	4,3	3,8	3,7	4,1	4,2	3,3	3,6	3,4	3,5
G3	4,8	5,3	5,6	5,5	5,0	5,1	5,4	5,4	5,0	5,0	4,8	4,6
H8	5,1	5,5	5,8	5,6	5,2	4,9	5,6	5,3	4,6	4,8	4,9	4,8
N15	4,8	5,2	5,5	5,3	4,8	5,0	5,3	5,2	4,8	4,7	4,6	4,6
S27	5,0	5,5	6,1	5,8	5,2	5,2	5,9	5,6	4,9	4,8	5,0	4,8
S5	4,8	5,2	5,4	5,4	4,7	5,0	5,5	5,1	4,6	4,6	4,7	4,7
<b>U11</b>	<b>4,9</b>	<b>5,4</b>	<b>5,5</b>	<b>5,2</b>	<b>4,8</b>	<b>4,8</b>	<b>5,4</b>	<b>5,4</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>	<b>4,8</b>	<b>4,7</b>
V13	4,6	5,2	5,3	5,1	4,8	4,7	5,1	5,1	4,6	4,5	4,6	4,4
Z4	4,3	4,8	5,1	4,5	4,1	4,0	4,5	4,3	3,5	3,7	3,7	3,9

Tabla 9: Registros de radiación solar recopilados por el proyecto de Solarimetría de la UES (Promedios mensuales en KWh/m<sup>2</sup>/día).

Estación	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
A18	4.2	4.9	5.4	5.3	4.3	3.9	4.8	4.6	3.7	3.6	3.7	3.6
A31	4.9	5.2	5.0	4.5	3.6	4.1	5.2	4.7	3.8	4.4	4.6	4.6
A35	4.4	4.7	4.7	4.4	4.0	3.7	5.1	5.0	3.7	3.7	4.2	4.2
B10	4.4	4.8	5.3	5.2	4.9	4.7	5.1	5.1	4.5	4.5	4.3	4.2
G13	4.6	5.0	5.6	5.3	5.1	5.0	5.5	5.5	4.8	4.7	4.3	4.3
G3	4.9	5.4	5.7	5.5	5.2	5.2	5.4	5.4	5.0	4.9	4.7	4.6
H8	5.0	5.4	5.7	5.5	5.0	4.7	5.2	5.0	4.3	4.5	4.6	4.5
L4	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.6	5.1	4.9	4.4	4.3	4.3	4.3
L8	5.0	5.4	5.7	5.3	4.7	4.4	5.2	5.0	4.4	4.4	4.7	4.7
M18	4.6	5.1	5.4	5.3	4.9	4.8	5.1	5.0	4.6	4.4	4.4	4.3
M23	4.6	5.2	5.4	4.5	3.7	3.7	4.9	4.7	4.0	3.9	4.2	4.0
M6	4.5	5.0	5.4	5.4	5.0	4.9	5.2	5.2	4.8	4.6	4.4	4.4
N15	4.7	5.1	5.4	5.3	4.8	5.0	5.2	5.2	4.8	4.7	4.5	4.4
S27	5.1	5.6	6.2	5.9	5.2	5.3	5.9	5.6	4.9	4.8	5.0	4.8
S5	4.9	5.4	5.7	5.4	4.9	5.1	5.5	5.2	4.6	4.8	4.8	4.8
T6	4.9	5.3	5.6	5.5	5.1	4.9	5.3	5.2	4.8	4.7	4.7	4.6
<b>U11</b>	<b>4.9</b>	<b>5.4</b>	<b>5.5</b>	<b>5.2</b>	<b>4.8</b>	<b>4.8</b>	<b>5.4</b>	<b>5.4</b>	<b>5.0</b>	<b>4.8</b>	<b>4.8</b>	<b>4.7</b>
U6	5.0	5.6	5.8	5.4	4.6	4.2	5.2	5.1	4.1	4.2	4.6	4.8
V13	4.6	5.2	5.3	5.1	4.8	4.7	5.1	5.1	4.6	4.5	4.6	4.4
V6	4.8	5.3	5.6	5.5	5.1	4.9	5.3	5.3	4.8	4.7	4.6	4.6
Z2	4.5	5.0	5.3	5.2	4.8	4.8	5.1	5.1	4.7	4.6	4.4	4.3
Z4	4.4	4.9	5.1	4.8	4.1	4.0	4.5	4.3	3.5	3.7	3.7	3.9

Tabla 10: Datos utilizados para estimación del mapa de radiación solar (KWh/m<sup>2</sup>/día) (Datos de Solarimetría + proyecto SWERA).

La estación U11, es la mas cercana a nuestro sitio de estudio, por lo que un vistazo a esta nos dará una idea de los parámetros que presenta este sector en general y

como se ha ido comportando a través de los años. No obstante, no es sino la totalidad de los datos presentados por el informe de Solarimetría y del proyecto SWERA lo que arrojará un dato exacto del comportamiento en cantidad de radiación solar en la zona de interés.

En el caso del brillo solar, dado que la secuencia de datos de solarimetría cubría el rango de años de 1957 a 1984 para 21 estaciones meteorológicas con datos para los diferentes meses desde 5 años de mediciones hasta 25 años, se consideró que era una buena secuencia de datos para realizar una interpolación (estimación del mapa de Luz Solar).

Se presenta una tabla donde se observan las estaciones que durante ese periodo de tiempo recolectaron información de brillo solar y la cantidad de datos que fue recopilada.

Código	Estación	Departamento	Años	Subtotal cantidad de datos
A18	Los Andes	Santa Ana	1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	4915
A31	Los Planes de Montecristo	Santa Ana	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	6398
A35	Cerro Verde	Santa Ana	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988	1554
A12	Santa Ana El Palmar	Santa Ana	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2002	4881
	Santa Ana	Santa Ana	1986	29
H1	Ahuachapán	Ahuachapán	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	6623
H14	La Hachadura	Ahuachapán	1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	2341
H99	San Benito El imposible	Ahuachapán	1995, 1996	577
T6	Acajutla	Sonsonate	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995	2898
L31	Santa Tecla	La Libertad	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998	3942
L4	San Andrés	La Libertad	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	5603
S5	Observatorio	San Salvador	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989	1363
S27	Estación matriz(El Matazano)	San Salvador	1983, 1984, 1995, 1996, 1997, 1998	2600
G3	Nueva Concepción	Chalatenango	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	5724

V6	Santa Cruz Porrillo	San Vicente	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996	3772
B10	Cerrón Grande	Cabañas	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	6122
<b>U11</b>	<b>Beneficio La Carrera</b>	<b>Usulután</b>	<b>1983, 1984, 1985, 1986</b>	<b>761</b>
U6	Santiago de María	Usulután	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998	4739
U99	Laguna de Alegría	Usulután	1998, 1999, 2000, 2001, 2002	866
M6	El Papalón	San Miguel	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	6592
Z2	San Francisco Gotera	Morazán	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	6432
Z4	La Galera	Morazán	1983, 1984	231
M23	Cerro Cacahuatique	San Miguel	1983	23
N3	La Unión	La Unión	1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002	5823
Total				84,809

Tabla 11: Datos de brillo solar recopilados dentro del proyecto SWERA

Presentamos también un mapa de El Salvador donde pueden observarse las estaciones de monitoreo donde se pudieron recolectar datos de brillo solar, con la finalidad de observar con mayor facilidad la posición geográfica de estas unidades de monitoreo.

Estaciones que han registrado brillo solar:

Código	Estación	Departamento
<b>A18</b>	Los Andes	Santa Ana
<b>A31</b>	Los Planes de Montecristo	Santa Ana
<b>A35</b>	Cerro Verde	Santa Ana
<b>H8</b>	Ahuachapán	Ahuachapán
<b>L4</b>	San Andrés	La Libertad
<b>S27</b>	Estación matriz -El Matazano	San Salvador
<b>S5</b>	Observatorio	San Salvador
<b>B10</b>	Cerrón Grande	Cabañas

<b>U6</b>	Santiago de María	Usulután
<b>U11</b>	Beneficio La Carrera	Usulután
<b>V6</b>	Santa Cruz Porrillo	San Vicente
<b>G3</b>	Nueva Concepción	Chalatenango
<b>G13</b>	Las Pilas	Chalatenango
<b>T6</b>	Acajutla	Sonsonate
<b>L8</b>	Santa Tecla	La Libertad
<b>M18</b>	Sesori	San Miguel
<b>V13</b>	Apastepeque	San Vicente
<b>M23</b>	Cerro Cacahuatique	San Miguel
<b>M6</b>	El Paplón	San Miguel
<b>Z2</b>	San Francisco Gotera	Morazán
<b>Z4</b>	La Galera	Morazán

Tabla 12: Estaciones utilizadas para recolección de datos de brillo solar, con códigos y ubicaciones geográficas

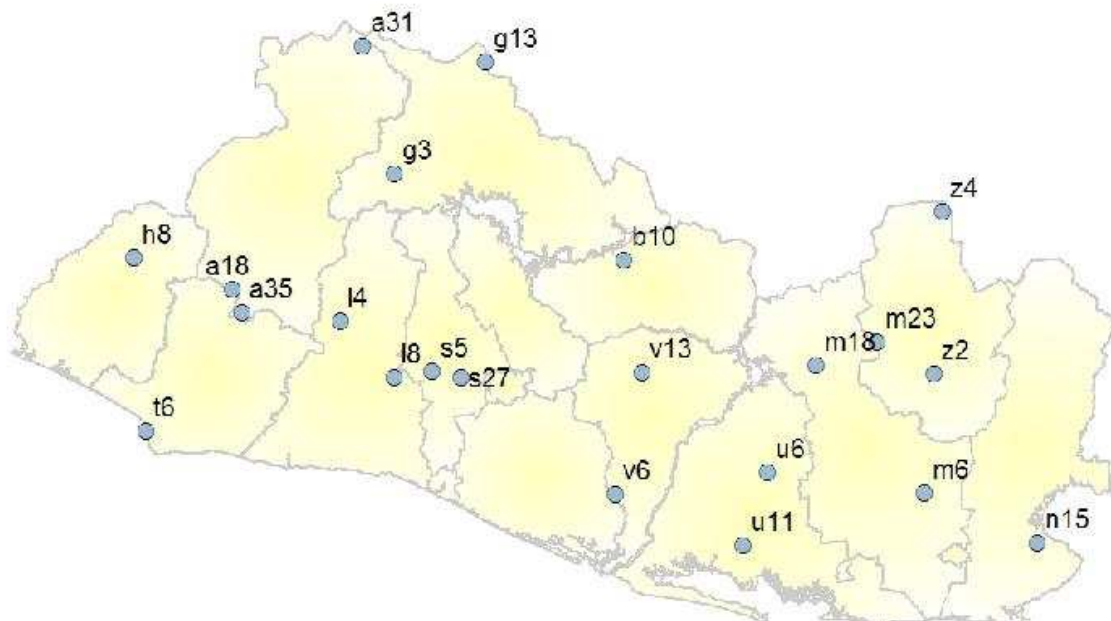


Ilustración 11: Mapa de Ubicación de las estaciones que registraron brillo solar.

Recopilando todos los datos aportados por cada una de las estaciones, se procedió a realizar una estimación mensual de cada una de las estaciones, dando como resultado una serie de datos que fue utilizada como parámetro en la elaboración del mapa de brillo solar de El Salvador, la tabla de datos obtenidos se presenta a continuación:

Estación	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic
A18	6.9	7.8	8.2	7.6	5.5	4.7	6.7	6.0	4.3	4.6	5.4	5.8
A31	8.7	8.5	8.1	7.1	5.0	4.8	6.7	6.2	4.0	5.9	7.7	8.0
A35	7.7	7.5	6.9	5.9	5.1	4.7	7.6	7.2	4.6	5.2	7.0	7.5
B10	8.9	9.0	9.4	8.5	7.0	6.7	8.1	8.0	6.2	7.3	8.3	8.7
G13	8.2	8.0	8.6	7.6	7.1	7.2	8.4	8.2	6.8	7.1	7.1	7.6
G3	9.1	9.6	9.2	8.5	7.5	6.8	7.9	7.4	6.3	7.3	8.2	8.1
H8	9.1	9.4	9.4	9.0	7.4	6.6	8.2	7.4	5.9	7.1	8.6	9.4
L4	9.2	9.2	8.8	8.0	6.8	6.4	8.1	7.4	5.7	6.7	8.3	8.9
L8	9.8	9.8	9.5	8.1	6.7	6.0	8.0	7.4	5.9	6.6	8.6	9.5
<b>M18</b>	<b>9.6</b>	<b>10.0</b>	<b>9.7</b>	<b>8.6</b>	<b>7.3</b>	<b>7.0</b>	<b>8.3</b>	<b>7.6</b>	<b>6.3</b>	<b>7.0</b>	<b>8.4</b>	<b>9.2</b>
M23	8.0	8.6	8.4	6.2	4.5	4.7	7.2	6.6	5.3	5.5	6.9	7.0
M6	9.4	9.8	9.7	8.9	7.7	7.3	8.6	8.6	7.2	7.8	8.5	9.3
N15	9.8	10.0	9.7	8.9	7.4	7.4	8.8	8.5	7.2	8.1	9.1	9.7
S27	8.5	9.1	9.2	8.5	6.4	6.4	8.2	7.7	5.9	6.9	7.9	8.2
S5	9.1	8.7	9.2	7.5	5.6	5.5	7.6	7.3	5.6	7.3	8.3	9.0
T6	9.8	9.9	9.6	8.6	7.3	6.8	8.2	7.7	6.7	7.3	8.9	9.4
U11	9.7	9.9	9.7	8.6	7.0	6.9	8.2	8.2	7.0	7.3	8.9	9.5
<b>U6</b>	<b>9.1</b>	<b>9.4</b>	<b>9.1</b>	<b>7.9</b>	<b>6.5</b>	<b>5.6</b>	<b>7.8</b>	<b>7.5</b>	<b>5.5</b>	<b>6.2</b>	<b>7.9</b>	<b>8.9</b>
V13	9.8	10.0	9.5	8.5	6.9	6.5	8.1	8.0	6.6	7.2	8.9	9.7
V6	9.4	9.7	9.5	8.5	7.4	6.9	8.3	8.2	6.8	7.4	8.5	9.4
Z2	9.4	9.8	9.4	8.5	7.0	7.0	8.2	8.0	6.9	7.6	8.6	9.2
Z4	7.0	7.9	7.9	7.1	5.6	5.1	7.1	6.2	4.6	4.7	5.7	6.2

Tabla 13: Datos utilizados para estimación del mapa de brillo solar (horas de luz solar) (Datos Solarimetría + SWERA).

En el caso del Brillo solar, son las estaciones M18 y U6 las que nos brindan un panorama sobre el comportamiento de este parámetro. Pero como se menciono anteriormente al igual que con la radiación solar, es la totalidad de los datos presentados los que muestran una visión más amplia sobre la conducta de este fenómeno en el sector.

Todos los datos anteriores, proporcionaron la información necesaria para realizar los mapas de radiación y brillo solar de El Salvador, los cuales a su vez otorgaran cifras que se deberán utilizar en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico

documentado. La representación gráfica de los datos se puede encontrar en la sección anexos del presente documento junto a otros mapas de la región, en los cuales se presentan niveles isoceraunicos, temperatura, pluviosidad y altitud del terreno.

## CAPITULO 2: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### ELECTRIFICACIÓN RURAL A PARTIR DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO.

Consiste en la instalación de un sistema por cada hogar, el cual constará de un panel fotovoltaico con una capacidad de generación de potencia eléctrica específica, el cual será dimensionado a través de un censo de carga<sup>15</sup>, mediante el cual se estimara la demanda máxima que podrá presentarse en un determinado hogar, haciendo de esta manera un sistema mas eficiente el sistema constará además de un inversor de potencia eléctrica (DC-AC) no menor al 90% de eficiencia y de una vida útil no menor a 10 años, las especificaciones técnicas de este dependerán de la potencia proveniente de la generación realizada por el panel fotovoltaico, se tendrá en el sistema también un regulador de carga conmutado no menor al 90% de eficiencia y de vida útil no menor a 10 años cuyas especificaciones al igual que los equipos anteriores dependerán de la potencia generada por el panel fotovoltaico.

El sistema fotovoltaico domiciliario llevará número limitado de equipos de almacenamiento de potencia eléctrica (baterías) pudiendo ser estas de dos tipos: baterías de Níquel-Cadmio o baterías de gel en lo que respecta a baterías de ciclo profundo y las baterías de plomo-ácido (plomo-antimonio, plomo-selenio y plomo-calcio) correspondientes al tipo de baterías de ciclo superficial.

Las baterías deberán poseer una larga duración 10 años para las baterías de ciclo profundo y un promedio de 3 años para las que pertenezcan a ciclo superficial, dichos elementos se dimensionan con el mismo criterio antes mencionado, no obstante en este caso también afectaran parámetros como la capacidad de descarga de las baterías que se elige, dicha variable es conocido a partir de las curvas características, brindadas por el fabricante del equipo colocadas en los anexos del documento.

---

<sup>15</sup> *Es un registro en el cual se detalla y se contabiliza la cantidad de potencia eléctrica utilizada en un domicilio o en un lugar determinado, especificando habitualmente en las anotaciones los voltajes de operación y corrientes exigidas por el equipo dentro de la instalación eléctrica estudiada..*

Además, el sistema contara con una protección termomagnética colocada después del inversor de potencia eléctrica con el fin de proteger al equipo de cualquier cortocircuito que pueda ocurrir dentro de la vivienda, se implementara también protección contra descargas atmosféricas para resguardar principalmente el panel fotovoltaico, equipo que es el mas expuesto a este tipo de percances por encontrarse a la intemperie, y por ultimo, la instalación contara con su respectivo cableado interno para la conexión de cargas, dicha instalación se realizara únicamente con conductor de cobre para evitar perdidas.

En nuestro caso, para la colocación de los paneles fotovoltaicos en cada vivienda se debe tener en cuenta la posición de esta estructura respecto a la posición del sol a través del año, ya que la comunidad esta ubicada cerca de una cadena montañosa de altura media la cual genera sombra en algunos lugares dentro de la propiedad de la comunidad.

Se presenta en la figura 12 una imagen satelital en la cual se observan las posiciones de las estructuras habitacionales en las que se colocaran los paneles fotovoltaicos. En la figura 13 se ubican las posiciones geográficas exactas de cada una de las viviendas para su posterior análisis de sombra. La figura 14 y 15 presentan una imagen satelital de perfil de la zona donde se encuentra la comunidad, en dichas fotos se observa la altitud del terreno circundante, parámetro que se deberá tomar en cuenta para realizar una buena colocación y orientación de los paneles fotovoltaico

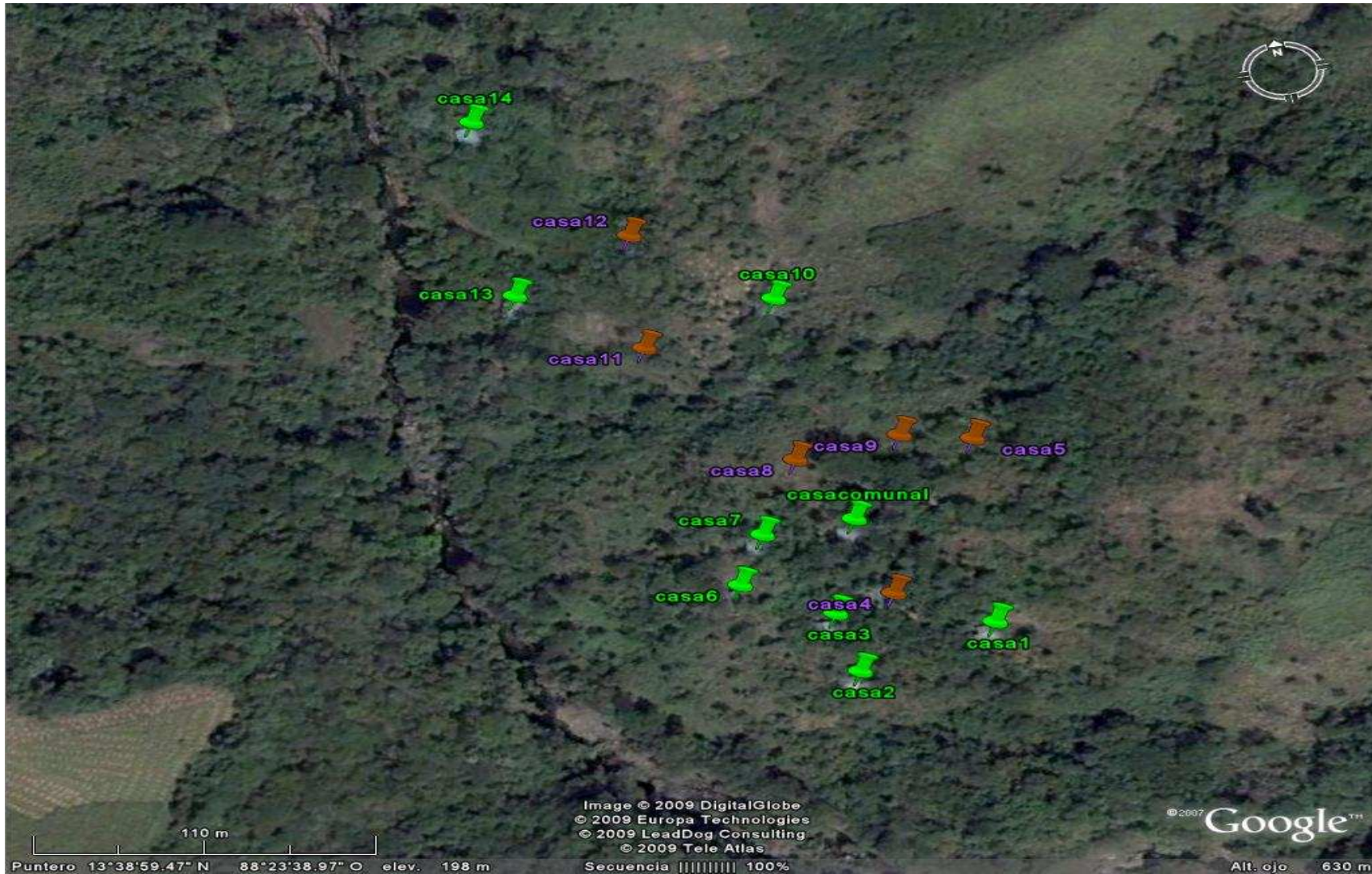


Ilustración 12: Colocación de las viviendas en el terreno perteneciente a la comunidad. Fuente: Google Earth

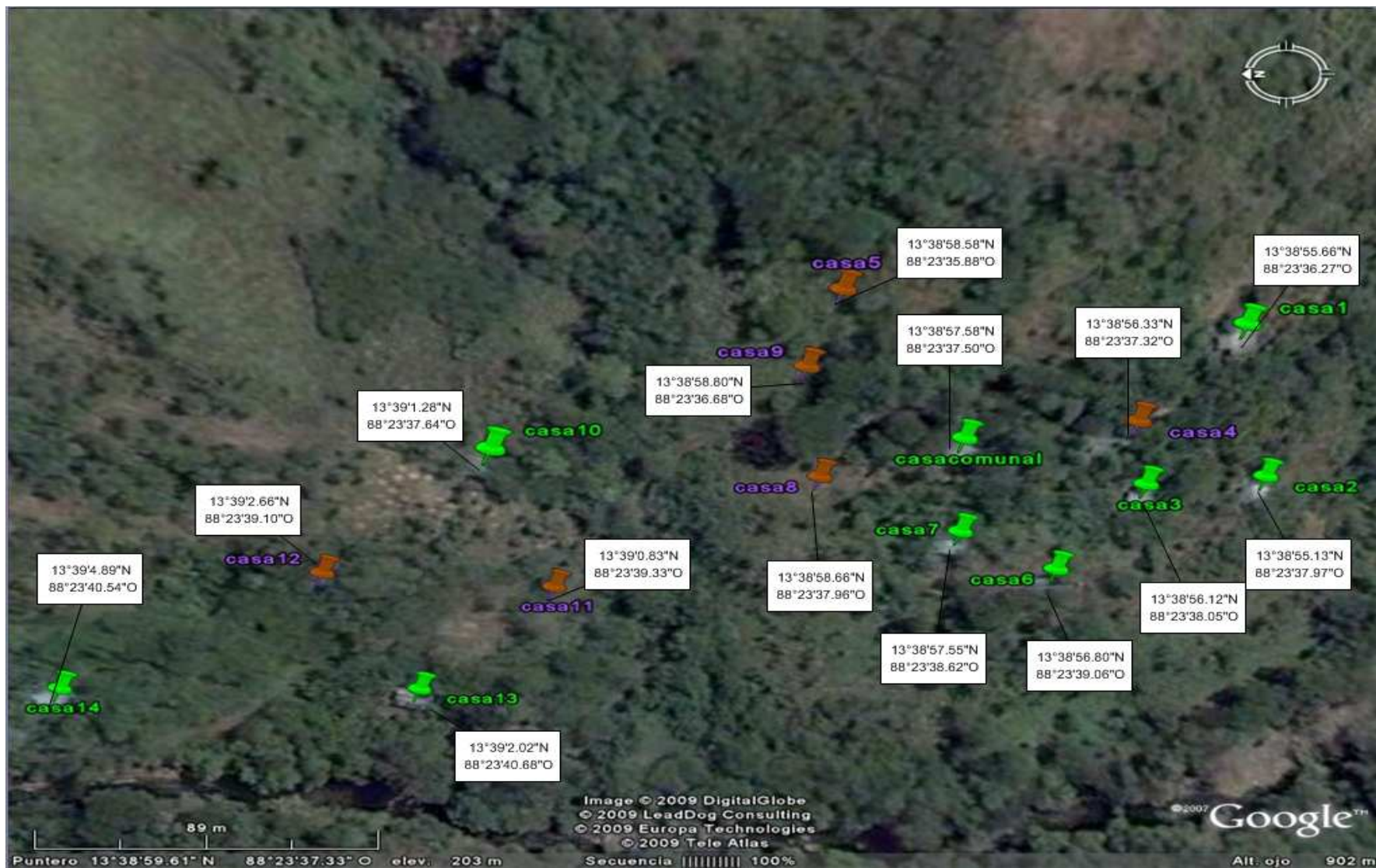
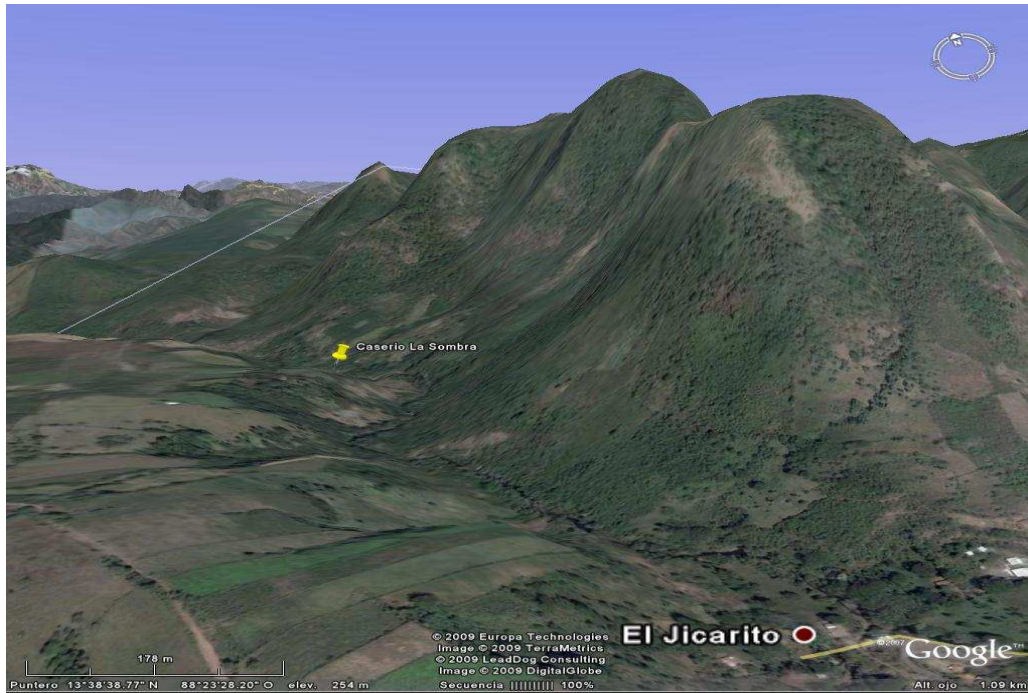
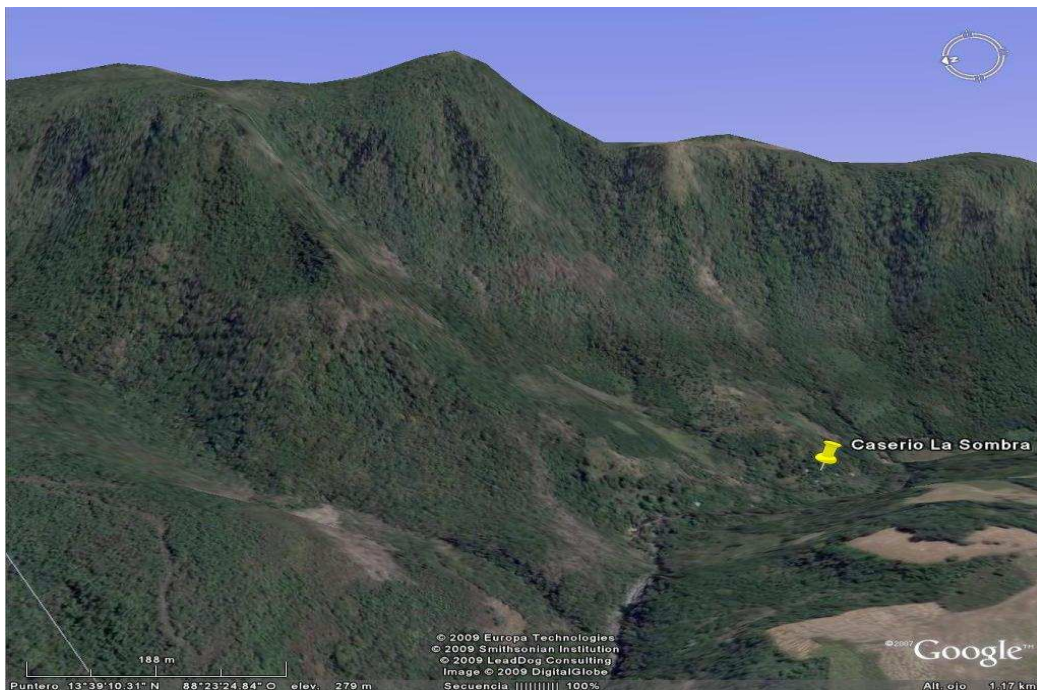


Ilustración 13: Coordenadas geográficas de cada una de las viviendas de la comunidad La Sombra. Fuente: Google Earth.



*Ilustración 14 Cadena Montañosa aledaña a la zona de colocación de paneles fotovoltaicos (vista Sur-Norte) Fuente: Google Earth.*



*Ilustración 15: Cadena Montañosa aledaña a la zona de colocación de paneles fotovoltaicos (vista Norte-Sur) Fuente: Google Earth.*

## ELECTRIFICACIÓN RURAL A PARTIR DE UN MINI PARQUE FOTOVOLTAICO.

Este método de electrificación constará de un número definido de paneles fotovoltaicos que dependerán del censo de carga y del estudio de demanda futura o incremento de carga que se prevé para la comunidad en general.

Todos los paneles fotovoltaicos estarán ubicados en el mismo lugar colocados y alineados de tal manera se pueda aprovechar al máximo la irradiación solar incidente en el lugar de la instalación, esto se logrará colocando la agrupación de paneles sobre un plataforma estática con un ángulo inclinación específico que dependerá de la posición del sol respecto al lugar de la instalación y tomando en cuenta las tablas y mapas de radiación solar en la zona vistas en el capítulo 1 de este documento.

Dicha instalación además poseerá un cuarto de área reducida donde se encontrarán instalados los equipos necesarios: El inversor de potencia eléctrica (DC-AC) no menor al 90% de eficiencia y de una vida útil no menor a 10 años, al igual que en sistema domiciliario, las especificaciones de este y los otros equipos dependerán de la potencia proveniente de la generación realizada por el mini parque fotovoltaico.

Se contará además de número determinado de dispositivos de almacenamiento de potencia eléctrica (baterías), pudiendo ser al igual que el sistema domiciliario de dos tipos: baterías de Níquel-Cadmio o baterías de gel en lo que respecta a baterías de ciclo profundo y las baterías de plomo-ácido (plomo-antimonio, plomo-selenio y plomo-calcio) correspondientes al tipo de baterías de ciclo superficial.

Las baterías deberán poseer una larga duración 10 años para las baterías de ciclo profundo y un promedio de 3 años para las que pertenezcan a ciclo superficial, dichos elementos se dimensionan según la potencia proveniente de la generación del mini parque fotovoltaico, no obstante en este caso también afectaran parámetros como la condición de estudio de demanda futura y el de la capacidad de descarga de las baterías que se elige, dicha variable es conocido a partir de las curvas amperios-horas, brindadas por el fabricante del equipo

Para este método se tendrán reguladores de carga conmutados no menores al 90% de eficiencia con una vida útil no menor a 10 años, estos dispositivos son necesarios para normalizar y para controlar la potencia eléctrica proveniente del mini parque hacia los dispositivos de almacenamiento. A diferencia del primer método, este constara de un tendido de línea eléctrica secundaria dentro de la comunidad con el fin de realizar las acometidas en cada uno de los domicilios, para posteriormente llevar a cabo el cableado interno para la conexión de cargas, dicho cableado interno se realizara únicamente con conductor de cobre para evitar en gran medida las perdidas.

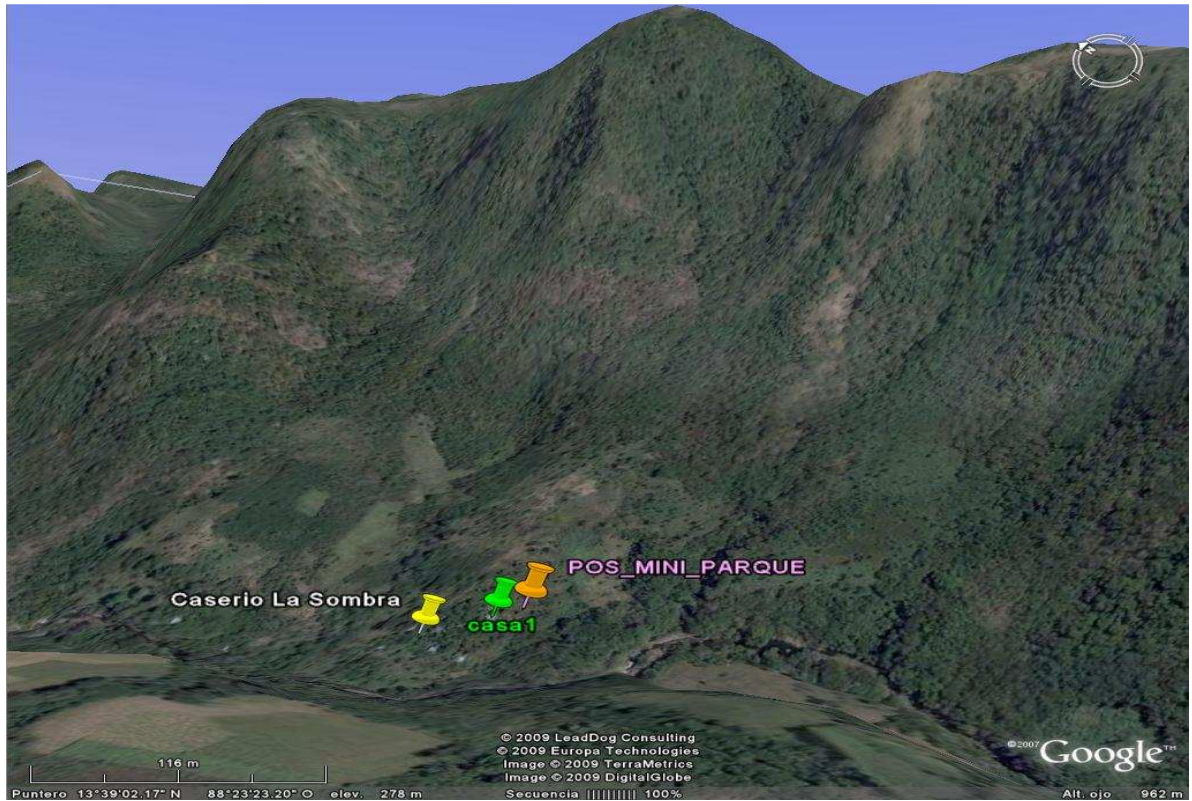
La línea secundaria constara de sus respectivas protecciones a fin de resguardar todos los equipos empleados en el mini parque fotovoltaico, ya sea por pequeñas fallas o por grandes fallas eléctricas, defectos o problemas en aislamientos entre otras

La altura de los postes y sus respectivos vanos, se realizaran en base al relieve del lugar donde se llevará a cabo la electrificación. El tendido que se realice estará sujeto a las normas impuestas por la SIGET.

Se presenta una imagen satelital (figura 16) en donde se puede observar el lugar que podrá ser utilizado para la colocación del mini parque fotovoltaico, dicho punto presenta una superficie limpia y con un desnivel menor que otras partes de la parcela perteneciente a la comunidad además se ubica en un lugar donde no se ha dividido el terreno por familia haciendo que el terreno sea comunitario. Este punto también presenta una carencia de sombra generada por la cadena montañosa a su alrededor en el transcurso del año, este parámetro es profundizado y detallado en el capítulo 3 de este documento.

Para efectos de conocimiento se presenta la imagen 17, en dicho esquema se observa la posición del sol en el primer semestre del año en el lugar propuesto para la instalación del mini parque fotovoltaico. Se visualiza la altitud de la cadena montañosa y la posición geográfica del lugar respecto a esta, nótese que en ese punto la montaña presente no genera sombra que interfiera en el trabajo eficiente de

los paneles ya que el ángulo solar respecto al punto propuesto es mayor que el ángulo que existe entre el punto escogido y copa del cerro, esta situación se mantiene durante todo el año aun en el cambio de estación.



*Ilustración 16: Posición propuesta para la colocación del mini parque fotovoltaico. Fuente: Google Earth.*

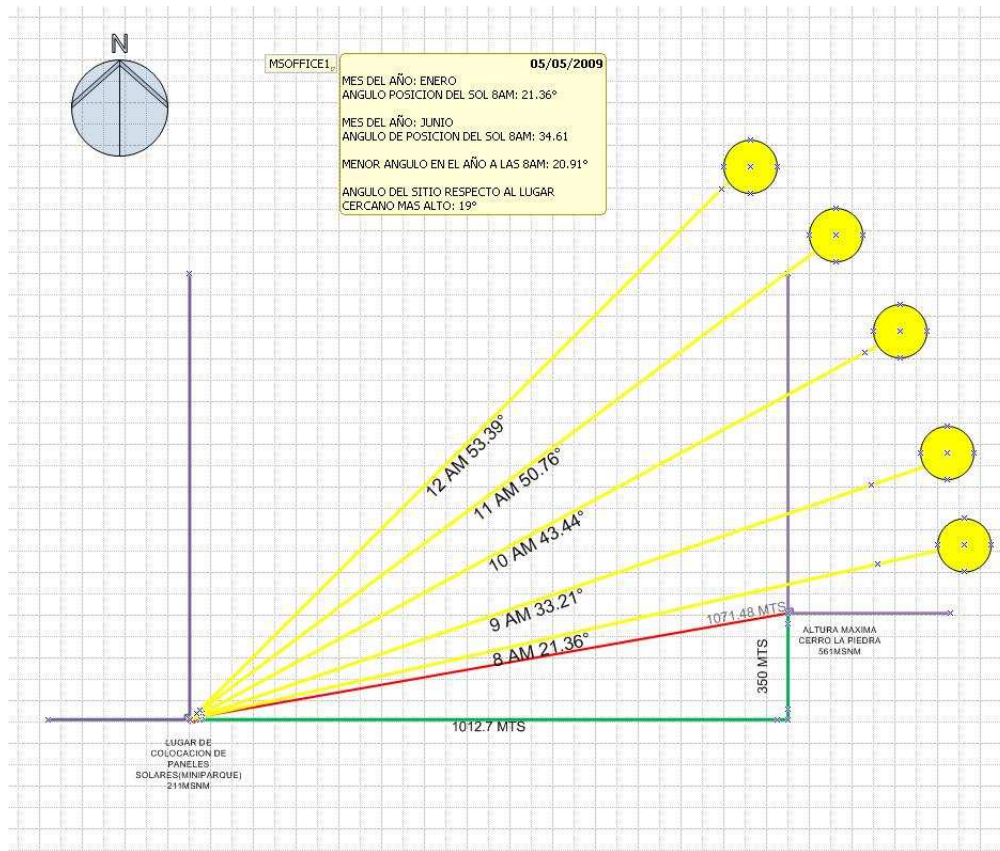


Ilustración 17: Esquema de posición del sol en el primer trimestre del año para la ubicación propuesta.  
Fuente: Google Earth.

Para los dos métodos anteriores se utilizarán equipos similares, por lo que una breve descripción de sus características permitirá el conocimiento primario de cada uno de ellos, y el cual repercutirá en la selección del equipo a utilizar en las dos alternativas, a continuación se presenta una lista de equipos y sus características principales:

### Inversores de potencia

Es un dispositivo que es capaz de cambiar un voltaje de entrada en continua a un voltaje simétrico de salida en alterna, con la magnitud y frecuencia deseadas. La forma ideal de la salida de un inversor es una senoide, sin embargo, en los inversores reales no es una senoide y contiene ciertos armónicos, estos se pueden minimizar o reducir significativamente mediante las técnicas de conmutación de los interruptores.

El inversor es una de las partes más críticas de una instalación fotovoltaica. No todos los inversores son aconsejables para cualquier tipo de aplicación: la elección de un inversor equivocado puede dañar el inversor y el aparato al que se conecta, es por esta razón que la selección de este equipo debe ser estudiada con detenimiento tomando en cuenta parámetros de construcción y utilización así como el análisis que se presenta en capítulos posteriores.

### **El Regulador de Carga**

Este dispositivo es el encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas.

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.

Los reguladores actuales introducen microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cual ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado

Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador. Existen dos tipos de reguladores de carga, los lineales y los conmutados.

Cabe mencionar que la selección de este equipo también dependerá de parámetros e investigaciones que se dan a conocer en el capítulo 3 de este documento, sin embargo preliminarmente se ha optado por la selección de un regulador conmutado por contar con una alta eficiencia, brindar protección al sistema y encontrarse con distintas especificaciones para diferentes tareas.

Este equipo esta sujeto a cambios debido a parámetros y circunstancias que se pueden tomar a cuenta en la traspaso de la realización del diseño de la instalación.

### **La Batería**

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo. Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar.

Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas

Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte.

Se conocen dos tipos de baterías, las baterías de ciclo profundo y las baterías de ciclo superficial, los dos tipos pueden ser utilizados en sistemas de respaldo en instalaciones fotovoltaicas, la selección de este equipo depende no solamente de las variables eléctricas, del tipo de instalación, el tipo de servicio o de las especificaciones del elemento sino también del costo del equipo, ya que mientras mas eficiente sea la batería mas costosa se vuelve.

### **Módulos fotovoltaicos**

Se le llama modulo fotovoltaico al conjunto completo medioambientalmente protegido de células interconectadas formando un panel.

Estos módulos son utilizados en los diferentes tipos de instalaciones solares creando los diferentes sistemas fotovoltaicos. Definimos un sistema fotovoltaico al conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y

transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica.

Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

- aislados (stand alone)
- conectados a la red (grid connected)

Los sistemas aislados, por el hecho de no estar conectados a la red eléctrica, normalmente están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche. Durante la fase de insolación es, por tanto, necesario prever una acumulación de la energía no inmediatamente utilizada, que es proporcionada a la carga cuando la energía disponible es reducida e incluso nula.

Una configuración de este tipo implica que el campo fotovoltaico debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación.

En las instalaciones aisladas de la red, se presentan dos tipos de sub-sistemas o tipos de instalaciones:

- Centralizada: Un único generador alimenta a todos los consumidores de un grupo.
- Descentralizada: Cada vivienda esta alimentada por un generador fotovoltaico independiente.

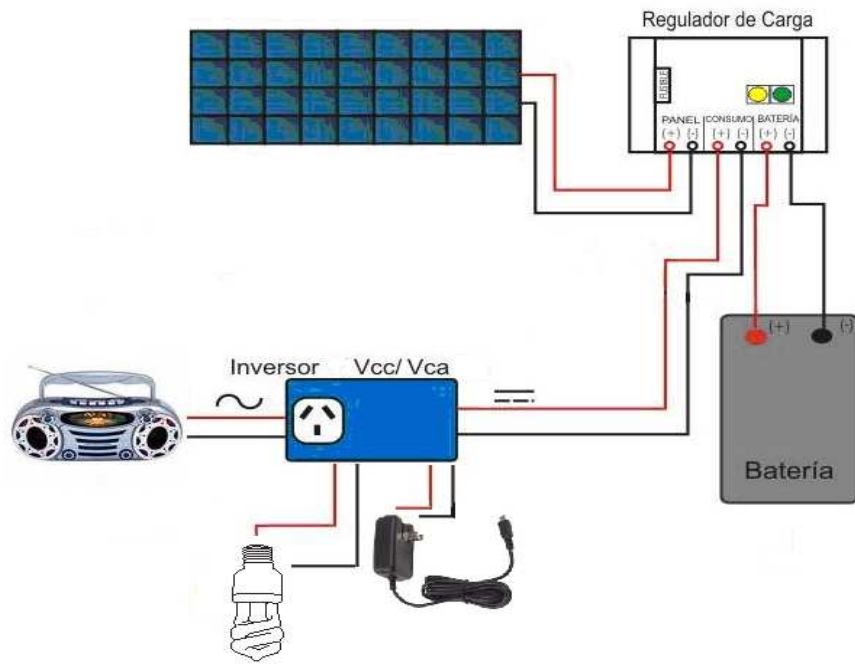


Ilustración 18: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado descentralizado o domiciliar.

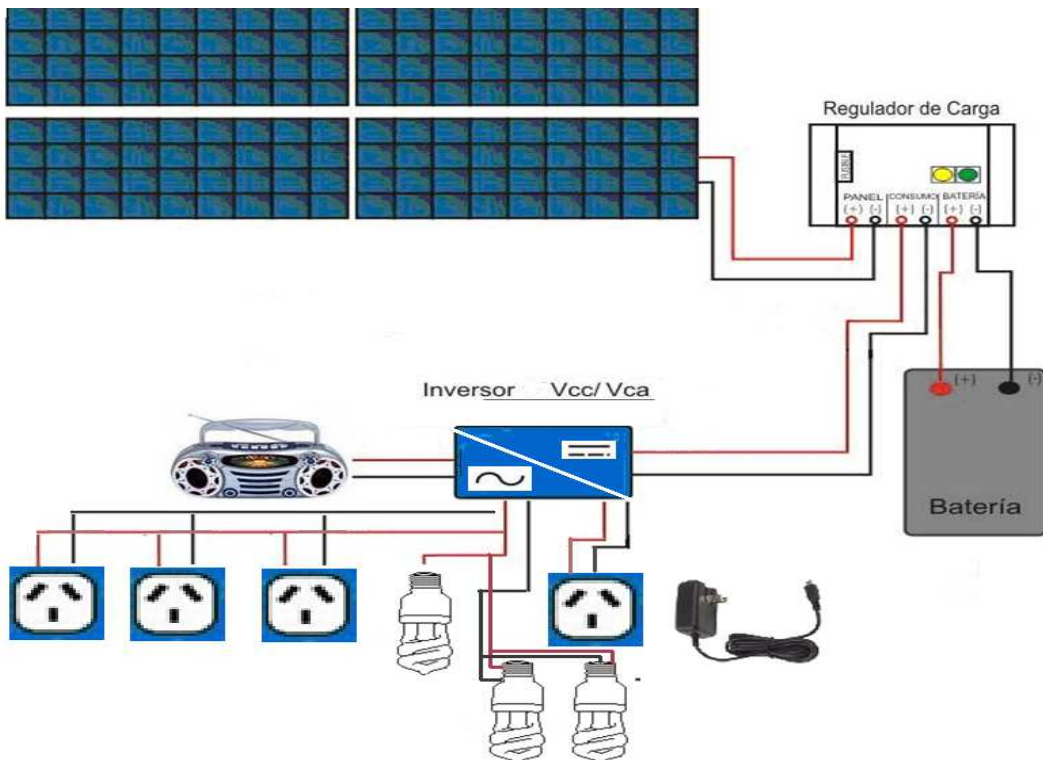


Ilustración 19: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado centralizado

## Selección de los cables

En la actualidad en instalaciones domiciliarias, comerciales e industriales se utilizan conductores TW y THW, los cuales tienen temperaturas de operación que no superan los 75°C y su resistencia mecánica y facilidad para deslizamiento en tuberías no son de las mejores para estas aplicaciones, aunque cumplen con las normativas vigente para este tipo de instalaciones.

No obstante, los conductores tipo THHN y XHHW con una temperatura de operación de 90°C, superan a los TW/THW, junto a esto cuentan con una mayor capacidad de deslizamiento y resistencia mecánica ya que para el caso de los THHN se fabrican con una cubierta termoplástica protectora de NYLON transparente, y para los XHHW se fabrican con un forro aislante de polietileno cumpliendo y superando los estándares requeridos actualmente para las instalaciones domiciliarias, comerciales e industriales. La diferencia entre estos dos últimos conductores es su alto grado de resistencia a los rayos ultravioleta, siendo el XHHW el que posee esta característica, dicho conductor es utilizado en la construcción de instalaciones fotovoltaicas gracias a sus prestaciones.

<b>TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACIÓN (según ambiente)</b>	
<b>90°C</b>	Ambientes secos y húmedos
<b>75°C</b>	Ambientes mojados

Tabla 14: temperaturas de operación de los conductores XHHW y THHN Fuente: Phelps Dodge International Corp.

### Aplicaciones

Por su aislamiento resistente a altas temperatura y su tolerancia a los rayos ultravioleta, el conductor XHHW es adecuado para múltiples usos, construido de aleación de aluminio posee un trenzado compacto que entrega una sección exterior total prácticamente similar a la de los conductores de cobre y su cubierta protectora hecha de un material termo fijo a base de polietileno de cadena cruzada (XLP) lo hace ideal para instalarse en cualquier tipo de ambiente, pueden ser instalados en

bandejas y en condiciones de intemperie. Su diámetro sobredimensionado posee la misma capacidad de conducción de corriente que un conductor de cobre, poseen una facilidad al entubar y son adecuados en conexiones habitacionales, alumbrado de todos los circuitos residenciales y aptos para instalaciones fotovoltaicas.

CLASIFICACION	INTERPRETACION
THHN	Para ambientes secos o húmedos a T° máxima en el conductor de 90°C
THWN	Para ambientes mojados a T° máxima en el conductor de 75°C
MTW	Para alambrado de herramientas eléctricas
AWM	Para alambrado de electrodomésticos
Gas and Oil Resistant	Resistente a Hidrocarburos
CT Use	Para ser instalado en bandejas
Sunlight Resistant (XHHW)	Resistente a los rayos UV

Tabla 15: Clasificación de conductor por tipo de aplicación, Fuente: Phelps Dodge International Corp

### Sección de conductor

Los conductores necesarios para este tipo de instalación tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener unos valores de sección tales que la caída de tensión en ellos sea inferior a las indicadas a continuación, sino se constase con conductores que cumplan estas características se deberá utilizar otros que se acerquen a los valores a mencionar:

- Caídas de tensión máxima entre generador FV y regulador: 3 %
- Caídas de tensión máxima entre regulador y batería: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor y batería: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor /regulador y cargas: 3 %

Además, esta sección deberá ser suficiente para que soporten la intensidad máxima admisible en cada uno de los tramos. Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en las normas de la SIGET

### **Elementos de protección de la instalación fotovoltaica**

Especificaciones para instalaciones fotovoltaicas aisladas:

a) Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios deben contar con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.

b) El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos.

c) La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se debe prestar especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

Toma de tierra

- Del generador FV: estructura soporte y marco metálico.
- De la instalación correspondiente a los consumos de alterna.

Protección contra contactos directos e indirectos

El contacto de una persona con un elemento en tensión puede ser directo o indirecto. Se dice que es directo cuando dicho elemento se encuentra normalmente bajo tensión y es manipulado. Por el contrario, el contacto se define como indirecto si el elemento ha sido puesto bajo tensión accidentalmente (por ejemplo, por una falla en el aislamiento).

## Protección contra contactos directos

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

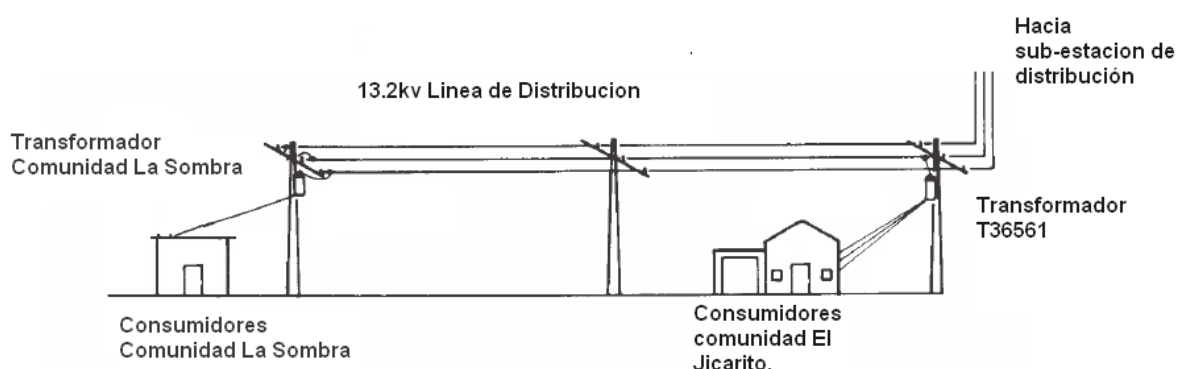
Salvo indicación contraria, los medios a utilizar para proteger a personas pueden ser habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual diferenciales.

## ELECTRIFICACIÓN RURAL POR MEDIO DE LA RED CONVENCIONAL.

Es el método tradicional de electrificación que se conoce, este consiste en extender la red de distribución primaria más cercana al sector que se pretende electrificar.

Esta alternativa consiste en el diseño de una línea en media tensión, que abastecerá energía eléctrica a la comunidad La Sombra en el departamento de Usulután, El Salvador.



*Ilustración 20: Esquema de electrificación convencional hacia el Comunidad La Sombra.*

Al realizar un diseño de electrificación a través de red convencional se deben tomar en cuenta varios aspectos, los cuales nos darán una pauta para poder realizar el planteamiento de una manera sencilla y correcta cumpliendo todas las normas establecidas para el diseño de líneas de distribución en nuestro país. A continuación se desglosan varios de estos aspectos.

### **Fuente de distribución.**

La empresa encargada del suministro de energía eléctrica en la zona es la distribuidora AES a través de su filial EEO<sup>16</sup> de El Salvador, por lo que si se recurre a llevar el servicio a la comunidad, esta empresa será la encargada de brindar el

<sup>16</sup> EEO: Empresa Eléctrica de Oriente

<http://www.aeselsalvador.com/2009/NuestraEmpresa/EEO/tabid/65/language/es-SV/Default.aspx>

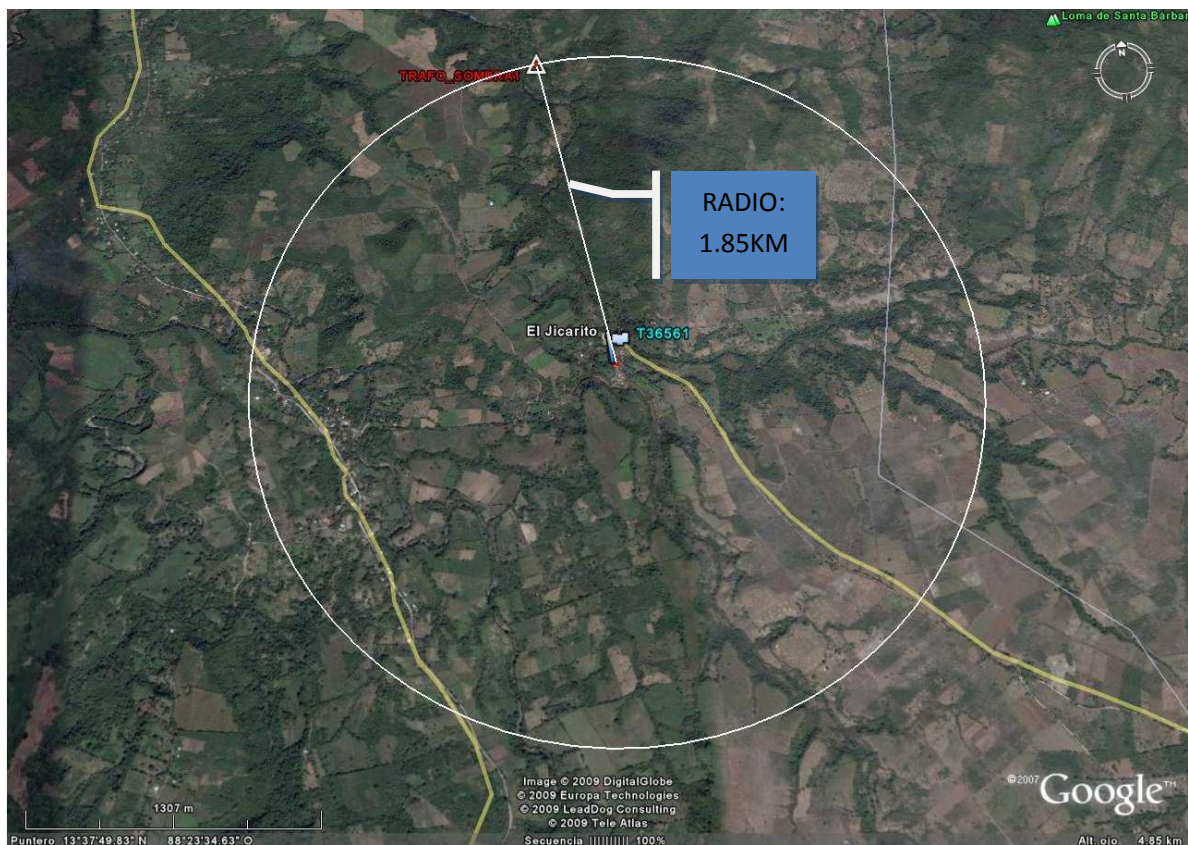
servicio. EEO posee un transformador en la zona, dando una referencia de corte con la cual se puede comenzar a planear la ruta de la línea de distribución, dicho transformador posee el código T36561 con el cual la empresa lo localiza más fácilmente y el cual servirá de inicio en el bosquejo de la línea.

En la imagen siguiente se localiza a través de una fotografía satelital la posición exacta del transformador, junto a este elemento se encuentra el ultimo corte de línea de distribución primaria por esta razón la estructura que lo soporta será el comienzo de la nueva línea de distribución hasta la comunidad La Sombra.



Ilustración 21: Posición real de corte distribución primario, transformador T36561 EEO fuente: Google Earth

La figura 22 representa la distancia radial desde el punto de corte de distribución primario hasta el centro de la comunidad. Este valor radial nos permite observar de primera mano la lejanía del punto de inicio de la línea de distribución respecto a la posición central de la comunidad, lugar donde preliminarmente se colocará el transformador apto para el caserío tomando en cuenta los parámetros analizados en el capítulo “diseño de alternativas”.



*Ilustración 22: Distancia radial desde punto de corte (T36561) hasta el centro del caserío. Fuente: Google Earth*

### **Conductores Eléctricos.**

Los conductores a utilizar deberán ser de un material o una combinación de materiales que minimicen la corrosión por causa de las condiciones ambientales, Al seleccionar los conductores desnudos con base a su capacidad de corriente, no se sobrepasaran los valores que han sido determinados con base a las propiedades físicas del material, bajo ciertas condiciones de temperatura ambiente y de elevación

de temperatura del propio conductor. La elección de los conductores a utilizar para esta instalación deberá ser escogida a partir de las especificaciones técnicas que rigen este tipo de proyectos en el país, y deberá ser dimensionada a través del análisis correspondiente.

## **Pararrayos**

El pararrayos no es más que un dispositivo que, colocado en lo alto de una edificación o en conjunto de estas, dirigen al rayo a través de un cable hasta la tierra para que no cause desperfectos en los equipos colocados.

Tipos de pararrayos:

Sea cual sea la forma ó tecnología utilizada, todos los rayos tienen la misma finalidad: ofrecer al rayo un camino hacia tierra de menor resistencia que si atravesara la estructura del edificio.

Existen 3 tipos fundamentales de pararrayos utilizados para proteger los equipos de las redes eléctricas:

- Clase distribución o tipo 1
- Clase intermedia o tipo 2
- Clase estación o tipo 3

Las diferencias que existen entre estos, además de su aplicación, son los niveles de tensión residual<sup>17</sup> para diferentes niveles de descarga<sup>18</sup>, y los niveles de tensión temporal<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> Tensión residual  $U_r$  (discharge voltage, residual voltage), Es el valor cresta, en kV, de la tensión en el pararrayos durante el paso de la corriente de descarga. Depende de la magnitud y forma de la corriente derivada.

<sup>18</sup> Es el valor cresta, en kA, de la onda normalizada de corriente de descarga, que puede ser conducido por el pararrayos en número y progresión definidos cuando se le aplica la tensión de extinción, y que no causa una tensión residual por encima del máximo permitido

Los pararrayos clase distribución están diseñados para proteger los equipos que se encuentran instalados en las redes de distribución de energía eléctrica, y cuando estos poseen un desconectador pueden ser utilizados también para proteger a dichos equipos de las sobretensiones temporales que se pueden producir en el sistema, debido a la apertura o cierre de interruptores o seccionadores por ejemplo, o fallas propias del sistema.

### **Fusibles**

Los fusibles o cortacircuitos, no son más que una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que mas se caliente, y por tanto la primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.

El dimensionamiento de estos dispositivos dependerán de los cálculos que se realicen en el diseño de esta y se presentan en el siguiente capítulo del documento.

### **Distancia mínimas verticales.**

Para la determinación de distancias mínimas verticales es necesaria la utilización del informe “Estándares para la construcción de líneas aéreas de distribución de energía eléctrica” Proporcionado por SIGET<sup>20</sup>

### **Aislamiento de la línea.**

Para el diseño del aislamiento de las líneas aéreas deberá seleccionarse aisladores que estén garantizados para evitar saltos de arco eléctrico en condiciones de operación, sobre tensiones transitorias, humedad, temperatura, lluvia o acumulaciones de suciedad, sal y otros contaminantes que no son desprendidos de una manera natural.

---

<sup>19</sup> *Es la sobretensión a la que es expuesta el pararrayo cuando este entra en funcionamiento en un periodo determinado de tiempo.*

<sup>20</sup> *Superintendencia General de Electricidad y Comunicaciones. [www.siget.gob.sv](http://www.siget.gob.sv)*

### **Postes metálicos.**

Los postes tendrán la capacidad de soportar los esfuerzos mecánicos producidos por el peso de las estructuras, conductores de energía eléctrica y por la fuerza del viento. Además su selección incluye criterios de transporte e instalación, debido a la dificultad del terreno.

Los postes metálicos deberán cumplir al igual que los elementos antes descritos, las normas de seguridad y las especificaciones técnicas impuestas por SIGET.

### **Neutro corrido multiaterrizado.**

El sistema de distribución deberá tener referencia a tierra, por seguridad y norma, para toda línea nueva o extensión, independiente si tenga distribución en baja tensión. Esta característica se refiere a que el conductor eléctrico debe conectar sólidamente a tierra al menos en cuatro puntos por cada milla (1.6km).

### **Amarres.**

Los conductores deberán estar colocados en el aislador de manera que se produzca el menor esfuerzo en el alambre de amarre, la función del alambre de amarre consiste solo en sostener el conductor en posición en el aislador, dejando que el aislador y la espiga tomen la tensión del conductor.

### **Poda y Brecha**

Los arboles que puedan interferir con conductores de suministro no aterrizados deberán ser podados o removidos.

Como hemos observado, los aspectos a tomar en cuenta para el diseño de una línea de distribución definidos anteriormente representan un parte de los puntos a tratar en este tipo de proyectos, ya que existen muchos otros aspectos utilizables en la construcción de líneas de distribución, sin embargo se ha tratado de condensar esa información colocando los aspectos más utilizados y considerados primordiales.

Por otra parte, debido a variables como lo accidentado del terreno, el conocimiento de la zona propuesta, la falta de información de zonas aledañas y la accesibilidad al

lugar de ruta de la línea de distribución, se ha optado por la utilización de postes metálicos y se planificó la ruta en el lugar que se muestra en la figura 25, dicho diseño se seleccionó como el mas idóneo para el paso de la línea de distribución pues poseía menos elevaciones desfavorables en el terreno y reducía la distancia total de la línea en unos cuantos metros, caso contrario ocurre con la primera propuesta de línea de distribución que se observa en la figura 23, la cual presentaba un tramo de ruta desfavorable entre los puntos E15 y E17 y alargaba varios metros la línea de distribución. Para observar con más detalle los inconvenientes presentados en la ruta alterna 1 se coloca el perfil de la línea en la figura 24:

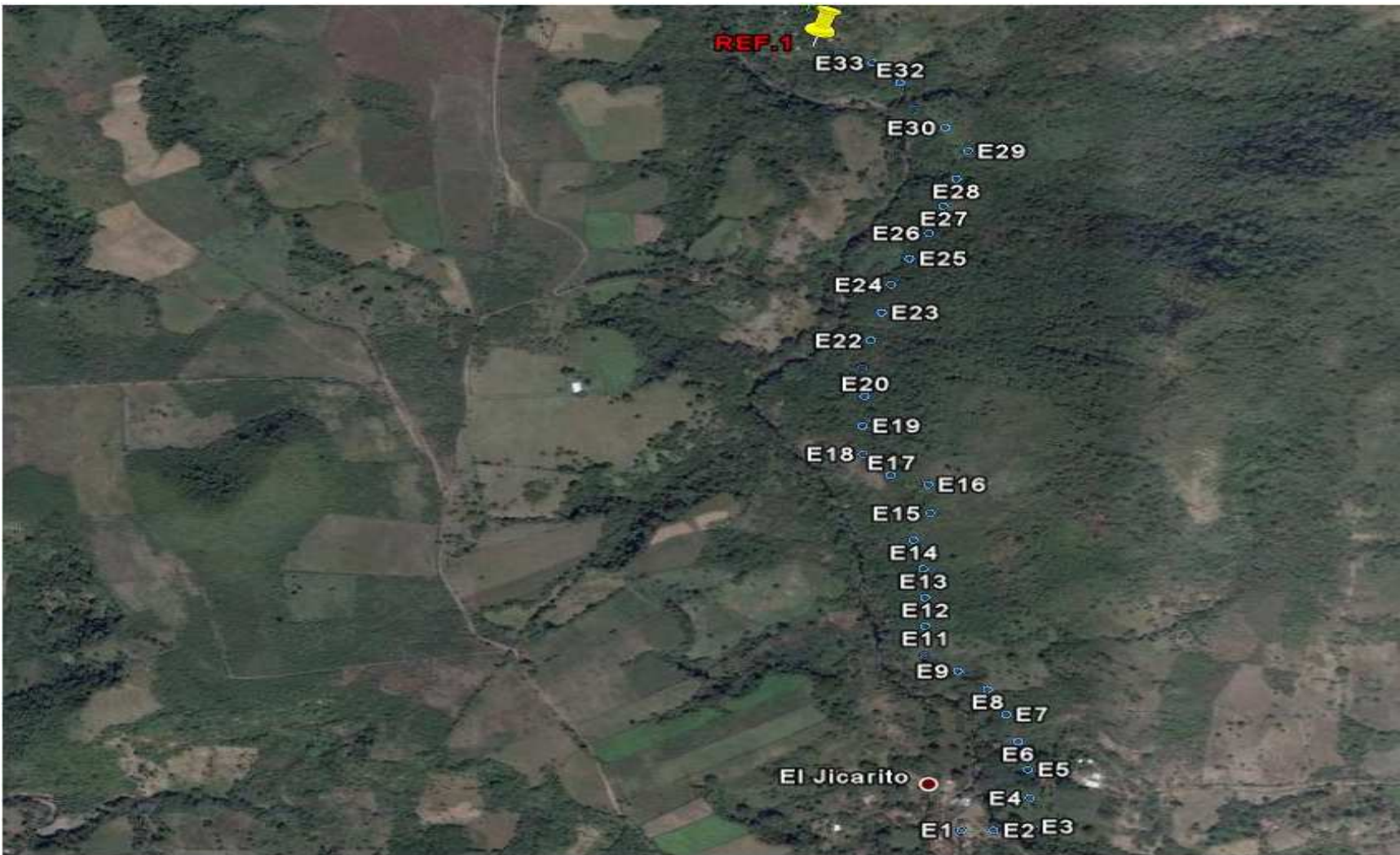
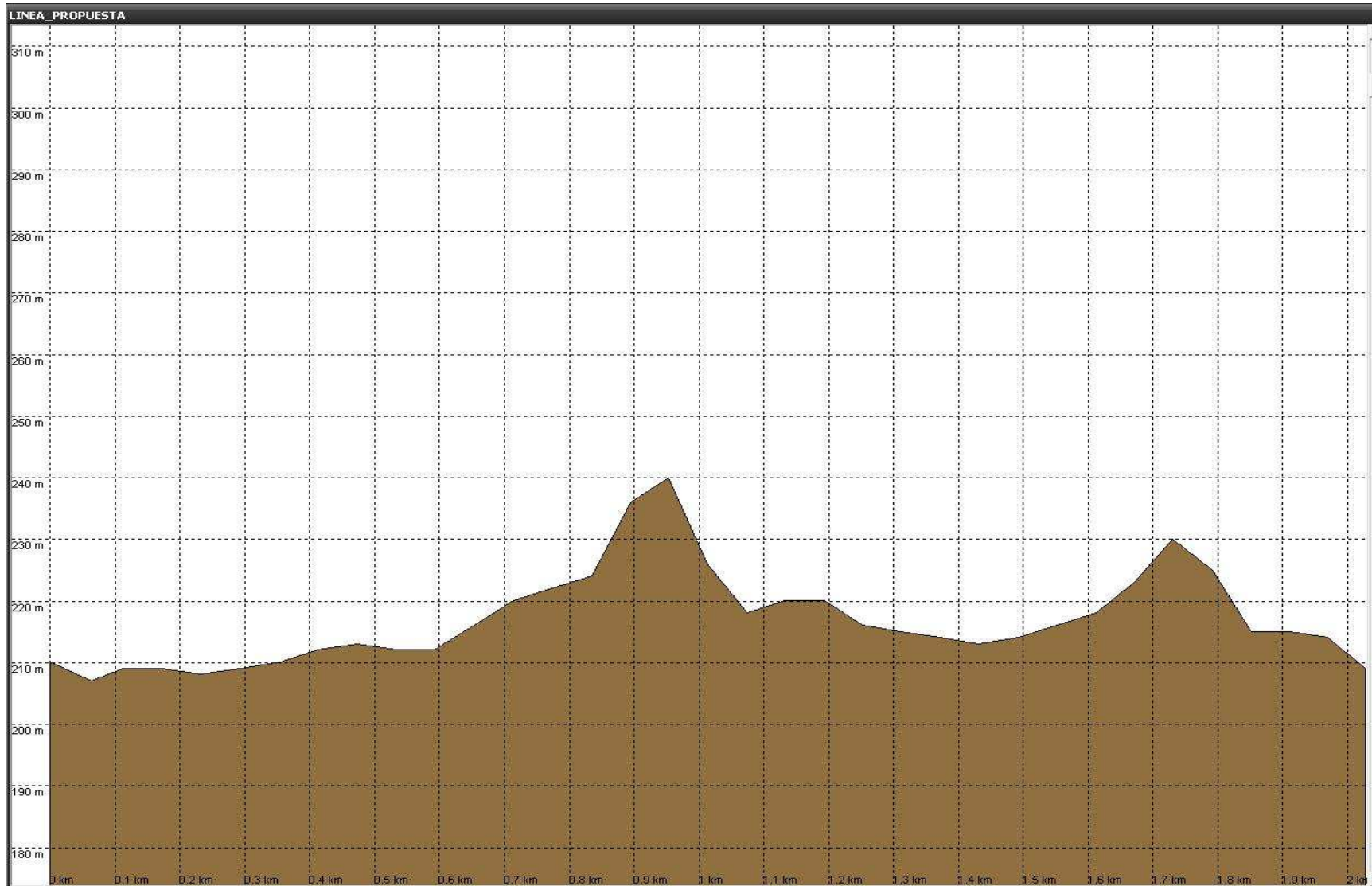


Ilustración 23: Posición de estructuras, primera ruta alternativa de la nueva línea de distribución primaria. T36561-La Sombra. Fuente: Google Earth



*Ilustración 24: Perfil de la línea, Primera ruta alternativa de la nueva línea de distribución primaria. T36561-La Sombra. Fuente: Google Earth*

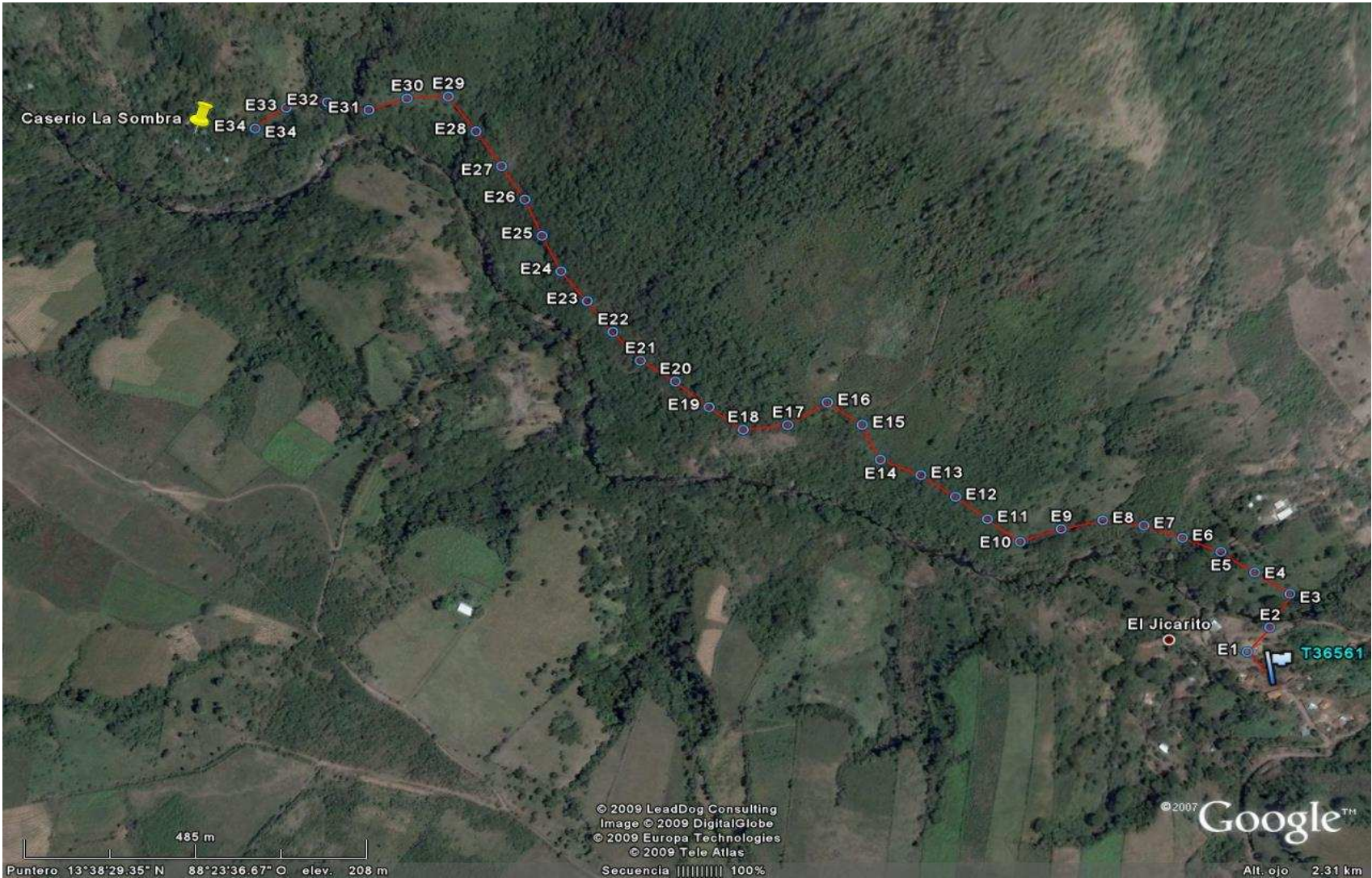


Ilustración 25: Posición de estructuras, ruta escogida de la nueva línea de distribución primaria. T36561-La Sombra. Fuente: Google Earth.

La fotografía anterior muestra la ruta propuesta para llegar desde el último corte de línea primaria en la zona hasta el punto de referencia en la entrada del caserío, desde ese lugar se procederá a realizar el tendido de línea hacia el transformador que se encuentra en el centro de la comunidad (figura 26), estas estructuras llamadas Ref. se encuentran divididas en dos secciones, en la primera se presenta un tramo desde la estructura Ref1 hasta la Ref4 que posee tanto línea primaria como secundaria y son representadas por punteros color rojo, las estructuras Ref5 hasta la Ref8 comprenden la segunda sección de la línea, transportando en ellas solamente tendido secundario y son representadas por un puntero color azul, estas estructuras se encuentran localizadas después del transformador hasta la última casa correspondiente al caserío. A partir de estas estructuras se procederá a realizar las acometidas a todos los hogares de la comunidad<sup>21</sup>.

La posición del transformador se escogió por el criterio de la caída de tensión regulado por SIGET y presentado en el documento “normas técnicas de diseño, seguridad y operación de las instalaciones de distribución eléctrica.” Y cuyos cálculos se presentan en el capítulo 3 del documento.

---

<sup>21</sup> *Las acometidas desde las estructuras hacia los hogares se presentan en el capítulo 3 de este documento.*

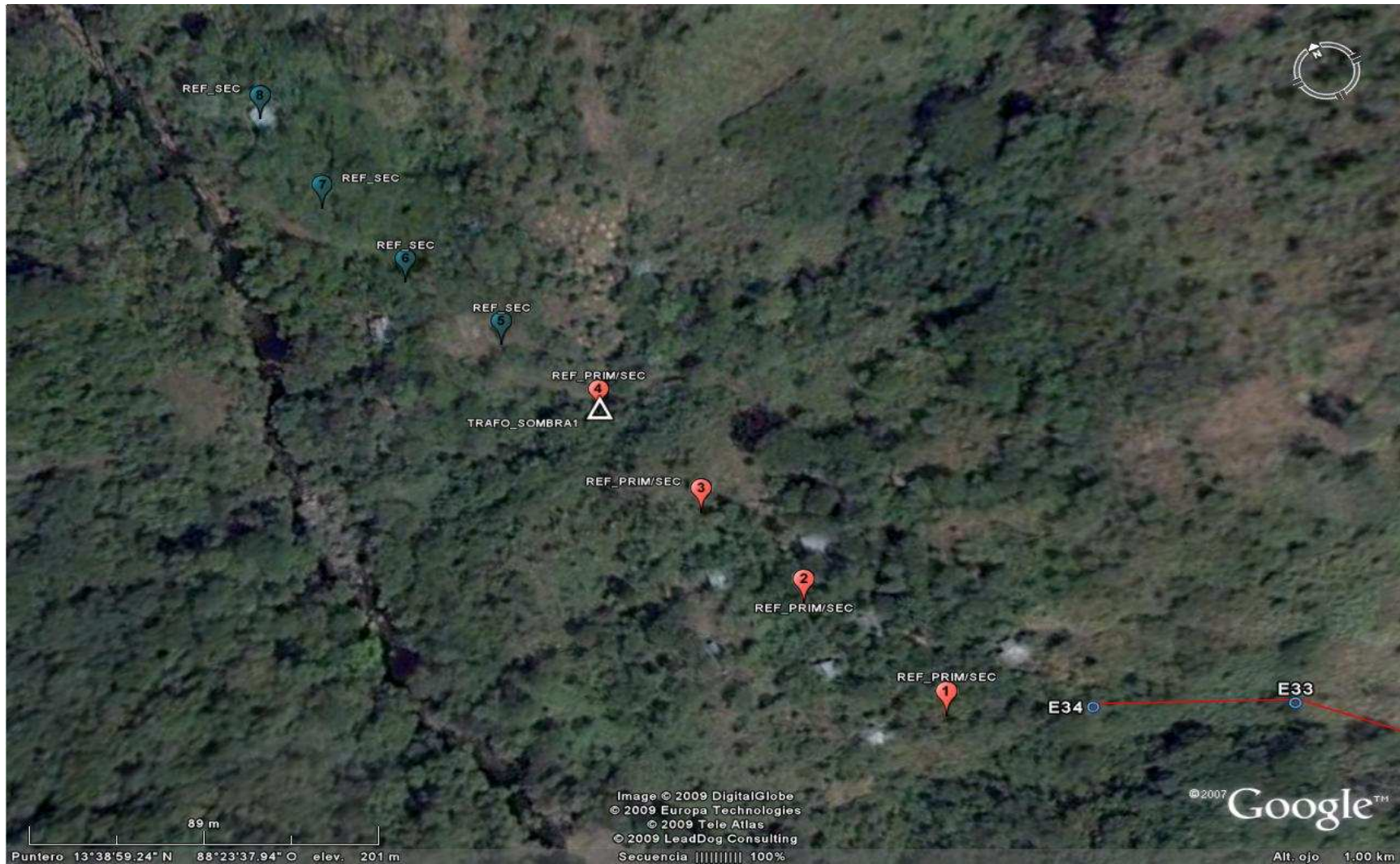


Ilustración 26: Distribución de estructuras tendido Primario-Secundario y Secundario dentro de la comunidad, posición de transformador a utilizar. Fuente: Google Earth.

## CALCULO DE ENERGÍA

Retomando la información expuesta en el capítulo 1, exactamente en el apartado “características solares” el cual refiere una serie de tablas con información recopilada por diversos estudios a través de los años, podemos conocer los parámetros solares que se presentan en la zona y el comportamiento que presentan a través del año, además se puede recurrir a la información plasmada en los mapas de radiación solar de El Salvador y Brillo Solar de El Salvador mostrados en los anexos del documento, los cuales presentan la totalidad de los datos de tablas en una forma grafica, haciendo que la lectura de variables sea mas rápida y fácil de utilizar.

Para nuestro estudio emplearemos el mapa de radiación solar en El Salvador, esta forma grafica presenta valores en promedio anual de radiación solar captado por estaciones solares en todo el país, y que para la zona de estudio este valor se encuentra entre los 4.69 y 4.92 KWh/m<sup>2</sup>/día, siendo esta lectura el tercer rango mas alto en el territorio nacional y el cual presenta a la zona como una buena opción para llevar a cabo este tipo de proyectos.

Otro parámetro a tomar en cuenta es el Brillo solar en la zona, ayudándonos del mapa de brillo solar de El Salvador podemos observar el promedio anual de las horas de luz solar que presenta la zona de estudio, esta variable ha sido recopilada durante años por las estaciones cercanas a la zona, la estación Sesori en San Miguel y la estación Santiago de María en el departamento de Usulután dando como resultado valores que representan el segundo mejor promedio de horas de luz solar en El Salvador y cuyo rango oscila entre las 7.9 a 8.1 horas de luz solar, parámetro que al igual con la radiación solar presentan un panorama sumamente bueno para una instalación solar fotovoltaica.

## CENSOS DE CARGA.

### *Sistemas fotovoltaicos.*

Los censos para el sistema individual y el sistema de mini parque se han estimado a partir de la encuesta realizada a los habitantes de la comunidad La Sombra, ya que con esta información se pudo constatar puntos de gran importancia, como lo son los ingresos económicos diarios, posibles cargas a conectarse con electrificación en la zona, etc.

Según la encuesta, la mayoría de personas utilizaría el recurso de la electricidad para conectar pequeñas cargas que se ajusten a su situación financiera y que sean indispensables en un hogar, refiriéndose específicamente a cargas como la iluminación constituyendo luminarias fluorescentes ahorrativas y telecomunicaciones en las cuales se encuentran un cargador de celular y una radio AM-FM.

El censo se ha distribuido en tres tipos de cargas: iluminación, telecomunicación y otros.

En la parte de iluminación, se pretende utilizar luminarias de baja potencia ahorrativas de luz fluorescente, por dos razones, la primera es para realizar más eficiente al sistema de energía renovable, y la segunda es que debido al área en que viven los habitantes no es necesario tener una extensa capacidad de iluminación.

Por otra parte, en el tipo telecomunicaciones, los habitantes recalcaron que por su situación económica, solo podían aspirar a poseer pequeños radios AM-FM, en la actualidad la mayoría de familias que viven en la comunidad posee un radio alimentado por baterías las cuales son reemplazadas semanalmente.

En lo que respecta a la división otros, se continua enfocando a la parte de telecomunicaciones, aunque solo se refiere a cargadores de celular, pues todas las familias poseen uno para poder comunicarse con otras personas y actualmente deben caminar alrededor de 7 KM, para llegar al lugar electrificado mas cercano, y cancelar la cantidad de 25 centavos de dólar, para cargar su celular.

Se hace notar que otra parte que se refleja en el censo de es el horario de uso de las cargas, el cual ha sido tomado a partir de un criterio que va enfocado al diseño del sistema, en el cual se asumen que estas cargas estarán operando a un horario específico todos los días del año, a excepción del cargador del celular el cual se ha estimado estará funcionando dos veces por semana.

Para el sistema mini parque, el censo que se ha realizado para este tipo de sistema, es parecido al sistema individual, es decir se ha tomado el mismo criterio para las 15 casas de la comunidad, con la diferencia que en este censo se tomó en cuenta un coeficiente de simultaneidad, el cual varía entre el 0.5 al 0.8 (50% al 80%), dicho coeficiente nos presenta el porcentaje a nivel total de las cargas instaladas que pueden estar operando en los diferentes horarios de uso.

Se ha abordado en este censo, es la elevación de la demanda futura, la cual es un criterio que se utilizara para el diseño de este sistema, esta demanda se ha estimado a partir de un incremento porcentual anual, que comenzara en el año 2 y terminará en el año 15.

A continuación se presentan los censos de cada sistema fotovoltaico propuesto mostrando en ellos los valores obtenidos con los criterios y puntos tratados anteriormente.

<b>Energía</b>		
<b>año</b>	<b>%</b>	<b>KWh</b>
<b>1</b>	0	1399.2
<b>2</b>	1.5	1420.188
<b>3</b>	1.5	1441.491
<b>4</b>	1.5	1463.113
<b>5</b>	1.5	1485.06
<b>6</b>	2	1514.761
<b>7</b>	3	1560.204
<b>8</b>	3	1607.01

<b>Energía</b>		
<b>año</b>	<b>%</b>	<b>KWh</b>
<b>9</b>	2	1639.15
<b>10</b>	1.5	1663.737
<b>11</b>	1.3	1685.366
<b>12</b>	1	1685.366
<b>13</b>	0.5	1693.793
<b>14</b>	0.5	1702.262
<b>15</b>	0.5	1710.773

Tabla 16: Demanda futura estimada para el sistema fotovoltaico mini parque.

Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario

	Potencia	Unidades	Horarios de uso								Horas	Energía	
			0-- 5am	5am-- 7am	7am-- 11am	11am-- 1pm	1pm-- 5pm	5pm-- 7pm	7pm--9pm	9pm--0		W-h Día	W-h Año
<b>Utilidad</b>													
<b>Iluminación</b>													
<b>Cuarto</b>	15	W		15 ( 2h)				15 ( 2h)	15 ( 2h)		6	90	3,285
<b>Patio</b>	15	W	15					15 ( 2h)	15 ( 2h)	15 ( 2h)	12	108	65,700
<b>Telecomunicación</b>													
<b>Radio</b>	10	W		10 ( 2h)				10 ( 2h)	10 ( 2h)		6	60	21,900
<b>Otros</b>													
<b>Cargador de celular</b>	5	W				5 ( 2h)					5	25	2,600
<b>Total</b>												355	123,050

Tabla 17: Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario.

Censo de carga sistema fotovoltaico mini parque.

	Potencia	Unidades	N	CS (%)	Horarios de uso								horas	Energía	
					0-- 5am	5am-- 7am	7am-- 11am	11am-- -1pm	1pm-- 5pm	5pm-- 7pm	7pm-- 9pm	9pm --0		W-h Día	W-h Año
<b>Utilidad</b>															
<b>Iluminación</b>															
<b>Cuarto</b>	15	W	15	0.8		180 (2h)				180 (2h)	180 (2h)		6	1,080	394,200
<b>Patio</b>	15	W	15	0.8	180 (2h)	180 (2h)				180 (2h)	180 (2h)	180 (2h)	12	2,160	788,400
<b>Telecomunicación</b>															
<b>Radio</b>	10	W	15	0.6		90 (2h)				90 (2h)	90 (2h)		6	540	197,100
<b>Otros</b>															
<b>Cargador de celular</b>	5	W	15	0.5				37.5 (2h)					5	187.5	19,500
<b>Total</b>														3,967.5	1,399,200

Tabla 18: Censo de carga sistema fotovoltaico Mini parque.

CS: Coeficiente de simultaneidad

N: Cantidad de viviendas.

### *Red Convencional*

El censo de carga consiste en tres partes fundamentales, las cargas de iluminación, telecomunicaciones y equipo de cocina.

Para conocer las cargas fundamentales se realizó una encuesta donde se logró conocer que los electrodomésticos más utilizados por la comunidad son: radio, televisión, cargador de celulares y sobre todo iluminación.

Además se considera la colocación de luminarias de 100 watts ya que son las más comunes en el sector además de fácil adquisición, se toma en cuenta para los tomacorrientes 100 watts para la conexión de los electrodomésticos antes mencionados esto; en base al documento "Reglamento de Obra e Instalaciones Eléctricas de la República de El Salvador".

Las cargas destinadas a la iluminación son: 2 para el cuarto de estar, de 100 watts cada una. Además 2 para exteriores, que serán ubicados en el patio de la propiedad de 100 watts cada uno.

Las cargas destinadas para telecomunicaciones consistirán en 3 tomacorrientes, de 100 watts cada uno; donde el objetivo es conectar dispositivos como radio, televisor y cargador de celular.

Para el equipo de cocina las cargas fundamentales son para dispositivos como licuadora y otros electrodomésticos de cocina, para eso es necesario otros 3 tomacorrientes sencillos de 100 watts cada uno.

La potencia instalada en cada una de las viviendas es de 1000 watts, para un consumo de 56.4 KWH al día y un total de 19020 KWH año.

En la tabla siguiente se muestra el censo de carga realizado para este sistema, para realizarlo se han tomado en cuenta los criterios pertinentes y las observaciones que se han podido obtener de lo descrito anteriormente.

Censo de carga sistema convencional.

Utilidad	Potencia	Unidades	N	Cs (%)	Horario de uso								Horas	Energía(KWh)	
					0-- 5am	5am-- 7am	7am-- 11am	11am-- 1pm	1pm-- 5pm	5pm-- 7pm	7pm-- 9pm	9pm-- 0		Día	Año
<b>Iluminación</b>															
<b>Cuarto.</b>	200	W	15	0.8		2400				2400	2400		6	14.4	5256
<b>Patio.</b>	200	W	15	0.8	2400	2400				2400	2400	2400	12	28.8	10512
<b>Telecomunicación</b>															
<b>Radio.</b>	100	W	15	0.8		1200				1200	1200		6	7.2	2628
<b>Televisor.</b>	100	W	15	0.8				1200		1200	1200				
<b>Cargador de celular.</b>	100	W	15	0.8				1200					5	6	624
<b>Equipo de cocina</b>															
<b>Licuadaora</b>	100	W	15	0.8				1200							
<b>otros</b>	200	W	15	0.8				2400		1200					
<b>total</b>	1K	W												56.4	19020

Tabla 19: Censo de carga sistema convencional

CS: Coeficiente de simultaneidad

N: Cantidad de viviendas.

## CAPITULO 3: DISEÑO DE SISTEMA CONVENCIONAL

### RED CONVENCIONAL.

#### **Diseño básico.**

En esta etapa se realizarán los cálculos necesarios para el planteamiento del proyecto. Se deberán tomar en cuenta factores de dimensionamiento y diseño así como también normas establecidas para la seguridad y correcta ejecución del esquema a llevar a cabo. Este apartado constará además de una serie de bosquejos que representaran el diseño propuesto y servirán para una fácil comprensión del mismo aportando al proyecto una guía visual de la información necesaria en este tipo de instalaciones.

Es del conocimiento de todos que las instalaciones convencionales cuentan con muchos elementos necesarios para no solamente transportar la energía eléctrica de un lugar a otro, sino también hacerlo de manera eficiente, respetando puntos de seguridad y elaborando diseños prácticos y confiables.

El diseño de una línea de distribución comienza con el conocimiento de los factores que son determinantes en la elaboración de la misma, junto a estos puntos, se debe conocer además las normas de calidad y seguridad que deben tomarse en cuenta en el diseño y que permitirán una buena selección de materiales, elementos y criterios de construcción que darán como resultado la aprobación de un diseño específico.

En el capítulo anterior, cuando se introdujo a este tema, se refirió de puntos a ser tomados en cuenta en la construcción de una red convencional, algunos de manera sencilla y no se extendió en el tema, se han retomado en este apartado para conocimiento del lector, ya que muchos de estos criterios que se encuentran en el manual “Normas técnicas de diseño, seguridad y operación de las instalaciones de distribución eléctrica” de la *SIGET* (Los cuales se usan en los diseños actuales) y han sido utilizados para la elaboración del diseño del sistema convencional, aprobados por la distribuidora eléctrica.

Debido a esto, a continuación se detallarán los criterios que han sido tomados en cuenta en la planificación de la línea de distribución propuesta para alimentar las viviendas de la Comunidad La Sombra en el Departamento de Usulután.

### **Conductores eléctricos.**

Los conductores que se coloquen en el lugar deberán ser de un material o una combinación de estos que minimicen la corrosión por causa de las condiciones ambientales. Debemos recordar que las líneas aéreas con voltajes superiores a 750 V deben realizarse como regla general, con conductores desnudos. Si se decidiera utilizar conductores cubiertos de una capa aislante, resistente a las acciones atmosféricas, rayos ultravioleta entre otros factores, estos deben ser de polietileno reticulado XLPE u otro conductor con similares características.

La tabla 1 muestra valores máximos de capacidad de conducción de corriente para los calibres de conductores de cobre y aluminio desnudos más usuales en líneas aéreas. Estas capacidades corresponden a 75°C de temperatura total en el conductor, operando a un régimen de carga constante. Haciendo referencia al documento proporcionado por SIGET, específicamente al art. 32 de la norma técnica para la construcción de líneas de distribución.

Se deberá tomar en cuenta que los conductores de baja tensión deben ser aislados, ya sea con policloruro de vinilo llamado comúnmente PVC o también con polietileno reticulado, conocido como XLPE. Ambos cuentan con características de protección contra factores atmosféricos y sobre todo a la radiación ultravioleta de los rayos solares.

**CAPACIDAD MAXIMA DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN CONDUCTORES DESNUDOS  
DE COBRE, ACSR Y ALUMINIO**

CALIBRE AWG ó MCM	COBRE (*) Amperios	ACSR Amperios	ALUMINIO Amperios	CALIBRE AWG ó MCM	COBRE (*) Amperios	ACSR Amperios	ALUMINIO Amperios
8	90	-	-	397.5.4	-	560	555
6	120	100	100	477.0	-	630	620
4	170	130	130	636.0	-	770	750
2	220	180	180	750.0	-	-	830
1/0	310	230	235	795.0	-	875	860
2/0	360	270	275	954.0	-	980	970
3/0	420	300	315	1113.0	-	1070	1070

*Tabla 20: Capacidad máxima de conducción de corriente en conductores. Fuente: SIGET*

**Cargas mecánicas.**

Al hablar sobre este tema, debemos tener en cuenta las diferentes cargas que pueden existir en este tipo de instalaciones, la primera de estas divisiones que enumeraremos es la presión de viento, esta consiste en la fuerza que ejerce el viento sobre superficies cilíndricas y que para efectos de diseño se debe calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$P = 0.05 V^2$$

Donde:

P= Presión de viento, en kilogramos por metro cuadrado del área proyectada.

V= Velocidad del viento de diseño en kilómetros por hora.

Con el propósito de establecer las cargas mínimas que deben considerarse en el cálculo mecánico del sistema, se usa las zonas de carga. Para el cálculo de la presión ejercida por el viento en el departamento de Usulután, se usa como base la zona de viento: Zona 2 = 100 kilómetros por hora. Dichos cálculos se realizan más adelante.

En lo que respecta a cargas en las estructuras y soportes de la línea, debemos mencionar que estas cargas son fuerzas que actúan sobre las estructuras de las líneas aéreas y sobre el material utilizado para soportar los conductores y cables de guarda, estas fuerzas se denominan: carga vertical. Para efectos de nuestro diseño, este debe ser calculado de la manera siguiente:

Para la carga vertical sobre cimientos, postes, torres, cruceros, aisladores y accesorios de sujeción de los conductores y cables de guarda, se debe considerar como el peso propio de éstos más el de los conductores, cables de guarda y equipo que soporten, teniendo en cuenta los efectos que puedan resultar por diferencias de nivel entre los soportes de los mismos.

### **Clases de construcción de las líneas de distribución.**

Existen tres clases de construcción en lo que respecta a líneas aéreas de distribución, cada una de estas divisiones posee requerimientos así como factores específicos en diseño y construcción, se dependerá de estas mismas variables para escoger en un diseño preliminar cual es la clase a la pertenece una instalación.

Para nuestro caso en particular, se ha optado por clasificar la línea a diseñar en la división Clase A<sup>22</sup>, ya que esta cuenta con un diseño especial debido a lo agreste del terreno, la difícil ubicación al área de construcción y a las extremas condiciones ambientales.

### **Distancias de seguridad vertical de conductores sobre el nivel del suelo.**

Este parámetro de seguridad se aplica para conductores colocados sobre carreteras, vías férreas y superficies con agua, los requerimientos que se

---

<sup>22</sup> Clase A: En esta clase se agrupan las líneas que requieren condiciones extraordinarias de diseño, por demanda de especiales condiciones de ubicación y/o operación.

muestran en este apartado se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores y cables de líneas aéreas, respecto del suelo, agua y parte superior de rieles de vías férrea para asegurar la protección de personas y objetos bajo los conductores.

Las distancias verticales entre conductores de líneas aéreas y el suelo deben ser; como mínimo las presentadas en la tabla 2, y se aplican tomando en cuenta las siguientes condiciones estipuladas por la SIGET:

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	Conductores de comunicación aislados, retenidas aterrizadas, conductores neutros y cables eléctricos aislados  Metros	Cables suministradores aislados de mas de 750 V y conductores suministradores en línea abierta de 0 a 750 V  Metros	Conductores suministradores en línea abierta de 750 V a 22 kV  Metros
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito vehicular.	4.7	5.0	5.6
Vías peatonales	2.9	3.8	4.4
Águas donde no es permitida la navegación	4.0	4.6	5.2

Tabla 21: Distancia mínimas de seguridad verticales sobre vías férreas, el suelo o agua en El Salvador. Fuente: SIGET.

### **Aislamiento de la línea.**

Para el diseño del aislamiento de las líneas aéreas debe seleccionarse aisladores que estén garantizados para evitar saltos de arco eléctrico en condiciones de operación, sobre tensiones transitorias, humedad, temperatura, lluvia o acumulaciones de suciedad, sal y otros contaminantes que no son desprendidos de una manera natural. Los aisladores pueden ser de porcelana, vidrio u otro material que tengan características mecánicas y eléctricas equivalentes o

superiores a las necesarias para su utilización. El material que se recomienda es: porcelana. Debido que es una pasta de arcilla, caolín, cuarzo o alúmina se le da forma, y por horneado se obtiene una cerámica de uso eléctrico.

El material es particularmente resistente a compresión, los aisladores de porcelana cumplen la función de sujetar mecánicamente el conductor manteniéndolo aislado de tierra y de otros conductores; aíslan eléctricamente el conductor del poste, soportando la tensión en condiciones normales y anormales, y sobretensiones hasta las máximas previstas.

El nivel de aislamiento de los aisladores tomando en cuenta los valores de tensión de flameo en seco de un aislador o de una cadena de aisladores cuando se prueban de acuerdo con las normas ANSI C29.1-1988 no deben ser inferiores que los presentados en la tabla presentada a continuación:

**AISLADORES TIPICOS A UTILIZARSE POR VOLTAJE TIPICO DE APLICACION  
CLASE ANSI CORRESPONDIENTE**

VOLTAJE NOMINAL ENTRE FASES kV	CLASE ANSI	TENSION DE FLAMEO EN SECO Kv	TIPO DE AISLADOR	NUMERO DE AISLADORES A UTILIZAR
4.16	52-1	60	Suspensión	1
4.16	55-1	35	Espiga	
13.2	52-1	60	Suspensión	2
13.2	55-4	70	Espiga	

Tabla 22: Tipos de aisladores utilizados a diferentes niveles de voltaje. Fuente: SIGET.

### Herrajería.

Todos los elementos a utilizarse en la construcción de líneas aéreas deben tener la suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos generados por la aplicación de las cargas correspondientes y deben estar construidos con metales o aleaciones resistentes al ataque de las condiciones atmosféricas y polución,

Si se decide por utilizar materiales férricos en la herrajería, deberá brindarle a estos un tratamiento superficial que les garantice eliminar los efectos de la corrosión, preferentemente deberán estos deben ser galvanizados por inmersión en caliente.

## **Apoyos**

Las estructuras de las líneas aéreas deben ser diseñadas para soportar las cargas indicadas en el apartado cargas mecánicas, multiplicadas por factores de sobrecarga pertenecientes a la clase de construcción a la que pertenece la línea a construir. Estos valores de sobrecarga no han sido colocados en los apartados ya que van implícitos en las clases de construcción. En nuestro caso particular los apoyos a utilizar son postes y estructuras de acero, para los que las normativas describen las características siguientes:

- Postes y estructuras de acero: se requiere que el espesor del material que se utilice en su construcción no debe ser menor de 4mm. Cuando la aleación de acero no contenga elementos que la hagan resistente a la corrosión se deberá proteger con una capa exterior de pintura o metal galvanizado que garantice la durabilidad.

## **Postes metálicos.**

Los postes deben tener la capacidad de soportar los esfuerzos mecánicos producidos por el peso de las estructuras, conductores de energía eléctrica y por la fuerza del viento. Se debe también incluir en su selección criterios de transporte e instalación, debido a la dificultad del terreno.

Los postes metálicos serán fabricados con la lamina de acero de alta resistencia según norma ASTM-A570 Grado 36 cubiertos por un baño de galvanización en caliente según norma ASTM A-123 que cubra completamente ambas superficies, interior y exterior, compuesto por varias piezas para facilidad de su transporte y un ensamblaje más fácil.

El espesor de la lámina debe ser como mínimo de 4mm y cada sección prefabricada en forma cónica no excederá los 10 metros de longitud la sección que conforme la parte inferior del poste tendrá soldada una base lisa circular de acero para empotramiento directo al suelo. La profundidad de empotramiento del poste se determina de la siguiente manera:

$$\text{Profundidad de empotramiento} = 10\% \text{ longitud en metros} + 0.6 \text{ metros}$$

### **Retenida**

Este es un elemento estructural utilizado para compensar esfuerzos que tienden a desviar el poste de su posición vertical y absorber cargas adicionales ocasionadas por vientos, árboles que caen sobre las líneas.

Se recomienda utilizar para las retenidas cables de acero galvanizado y herrajes adecuados que protejan la estructura y mantengan el cable en la posición correcta.

Otro aspecto importante en este apartado es el ángulo de colocación de la retenida respecto a la horizontal, este ángulo deberá ser lo más cercano posible a 45°. El cable para retenida es el de siete hilos de acero galvanizado de 7.938 mm. (5/16 “), y es el que se recomienda para esta instalación específica.

### **Anclas**

El ancla, es parte del sistema de retenida, como su nombre lo indica esta es la sección que fija el cable al suelo y proporciona una estabilidad al sistema al ser colocada de manera correcta para brindar una tensión adecuada al cable de retenida.

Para el cálculo del número de anclas y/o sus dimensiones se consideran los datos de suelo y de placas de ancla en las tablas que se presentan a continuación:

### CLASIFICACION DE SUELOS

CLASE DE SUELO	DESCRIPCION
2	ROCA LAMINADA O SEDIMENTARIA
3	MEZCLAS DE ARCILLA Y PIEDRA
4	GRAVA COMPACTA CON ARCILLA
5	ARCILLA FIRME, GRAVA Y ARENA, TIERRA BLANCA
6	ARCILLA PLASTICA, ARENA GRUESA SUELTA
7	RELLENOS NO COMPACTADOS, ARENA, CENIZA

Tabla 23: Clasificación de suelos. Fuente: SIGET

### AREA DEL ANCLA SEGÚN TIPO DE SUELO

AREA DEL ANCLA Cm <sup>2</sup>	DIAMETRO DE AGUJERO Cm	DIAMETRO DE BARRA cm	RESISTENCIA A SOPORTAR Kg				
			Suelo clase 3	Suelo clase 4	Suelo clase 5	Suelo clase 6	Suelo clase 7
			452	20	1.6 a 2.0	7257	6350
742	25	1.6 a 2.0	11113	9299	7711	6350	4082
968	40	1.6 a 2.0	12000	10125	8325	6525	4275
1612	50	1.6 a 2.0	15300	13000	10300	8550	6300
2580	61	2.54	20250	16650	13500	10575	8100
2580	61	2.0	20250	16650	13500	10575	8100

Tabla 24: Área del ancla según tipo de suelo. Fuente: SIGET

Se debe tomar en cuenta para la colocación de las placas de anclas que el agujero deberá ser vertical, del diámetro indicado en la tabla anterior y debe poseer un canal que aloje la barra y la oriente a un ángulo aproximado de 45° y no mayor de 60°, en alineación con el cable de la red nida, la barra de ancla debe quedar colocada de modo que el guardacabo no sobresalga más de 15 cm (Figura 25).

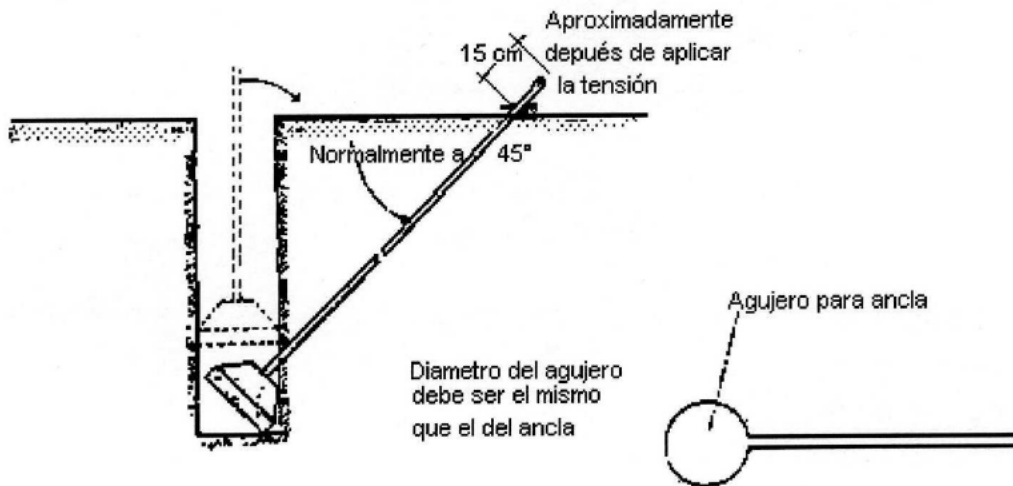


Ilustración 27: Forma utilizada para el anclaje de estructuras en distribución. Fuente: SIGET

### Neutro corrido multiaterrizado.

Todo sistema de distribución debe tener referencia a tierra, por seguridad y norma, para toda línea nueva o extensión, independiente si tenga distribución en baja tensión. La sección transversal del conductor neutro debe ser establecida conforme los requerimientos de conducción de corriente encontrados en los cálculos de diseño. Se debe definir el calibre para asegurar el adecuado retorno de corrientes de carga y de falla. Las características del neutro multiaterrizado, se refiere a que el conductor eléctrico debe conectar sólidamente a tierra al menos en cuatro puntos por cada milla (1.6km).

### Amarres.

La función del alambre de amarre consiste solo en sostener el conductor en posición en el aislador, dejando que el aislador y la espiga tomen la tensión del conductor.

Se debe tomar en cuenta el material del conductor empleado para el amarre, este debe ser del mismo material que el conductor de potencia, en todo caso, dicho alambre no será de menor sección transversal que el No. 4 AWG para aluminio y No. 6 AWG para alambres de cobre.(tabla 6)

## CONDUCTORES UTILIZADOS PARA EL AMARRE DE LINEAS AEREAS

DESCRIPCION	USO
Alambre Cu No 4 F.P	Amarre de líneas de baja tensión en zonas con alta contaminación salina.
Alambre Cu No 6 Desnudo	Amarre de líneas de media tensión de Cobre.
Alambre Al No 4 Desnudo	Amarre de líneas de media tensión de Aluminio.

Tabla 25: Conductores utilizados para el amarre de líneas aéreas. Fuente: SIGET

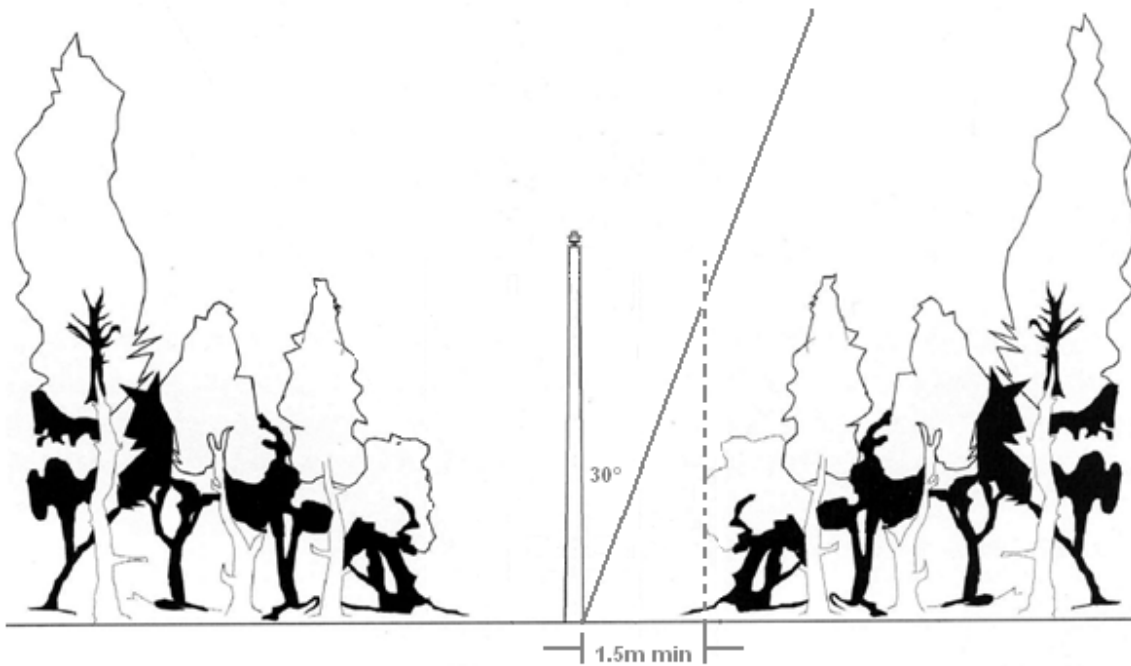
### **Aislamiento permitido.**

El nivel de aislamiento para las líneas aéreas también debe cumplir con normas que garanticen la seguridad del sistema, los usuarios, elementos y personas cercanos a la línea. Por ello es importante mencionar que se admitirán los siguientes aislamientos:

- A) Sintético termoplástico PVC o PE, tipo RHH, RHRW o XHHW, para tensiones de hasta 600 V y temperaturas de operación menores a 90 °C.
- B) Sintéticos termoestables XLPE (Cross linked Poliethilene) o EPR (Ethilene Propylene rubber), para tensiones mayores de 600 V.

### **Poda y brecha.**

Los arboles que puedan interferir con conductores de suministro no aterrizados deberán ser podados o removidos. Para determinar la magnitud de la poda requerida, deberán considerarse factores tales como el crecimiento normal de los arboles, el movimiento combinado de las ramas de los arboles y los cables bajo condiciones adversas ambientales, voltaje y la flecha de los cables a máxima temperatura. Los arboles que interfieran con las líneas y sean seleccionados para ser podados, serán recortados según se indica en la figura siguiente:



#### DERECHO DE PASO

*Ilustración 28: Forma correcta de poda y brecha necesarias para la colocación de estructuras de distribución (derecho de paso). Fuente: SIGET*

Para finalizar los aspectos que se han tomado en cuenta para este diseño, recordaremos que todos ellos forman parte de un conglomerado de criterios y que al ser extensos se ha colocado en este apartado aquellos aspectos que se consideran importantes por estimarlos básicos y esenciales, por lo tanto, queda a valoración del lector indagar sobre mas criterios y normas necesarias para este tipo de instalaciones en el país.

## ESTRUCTURAS Y SELECCIÓN DE MATERIALES.

A continuación se presenta tomando en cuenta el diseño preliminar de la línea el detalle de los elementos a utilizar en la línea de distribución:

### Cuadro resumen de estructuras de la línea.

CUADRO RESUMEN DE ESTRUCTURAS			
CÓDIGO	NOMBRE	ÁNGULO MAXIMO	N° DE ESTRUCTURAS
<b>ESTRUCTURAS PRIMARIAS</b>			
<b>13TS1</b>	Tangente Sencilla	20°	26
<b>13TD1</b>	Tangente Doble	35°	4
<b>13CH1</b>	Corte Horizontal	60°	1
<b>13CV1</b>	Cruce Vertical Sencillo	90°	1
<b>13CR1</b>	Cruce Vertical Doble Remate	120°	5
<b>13TNRH1</b>	Transformador neutro común remate horizontal		1
<b>TOTAL PRIMARIAS</b>			38
<b>TN</b>	Tangente Neutro	20°	26
<b>CR</b>	Cruce doble remate para neutro	120°	11
<b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b>			
<b>TS1</b>	Tangente secundaria		4
<b>TD1</b>	Tangente secundaria con derivación		4
<b>RS1</b>	Remate secundario		13
<b>TOTAL SECUNDARIAS</b>			21
<b>TOTAL</b>			59

Tabla 26: Tabla resumen de estructuras de la línea.

**Tabla de estructuras a utilizar:**

N° Estructura	Código	Ángulo	Descripción
E0	13CV1	36	Cruce vertical sencillo
E1	13CR1	103	Cruce vertical doble remate
E2	13TS1	12	Tangente sencilla
E3	13CR1	106	Cruce vertical doble remate
E4	13TS1	0	Tangente sencilla
E5	13TS1	0	Tangente sencilla
E6	13TS1	8	Tangente sencilla
E7	13TS1	0	Tangente sencilla
E8	13TS1	9	Tangente sencilla
E9	13TS1	12	Tangente sencilla
E10	13CR1	120	Cruce vertical doble remate
E11	13TS1	0	Tangente sencilla
E12	13TS1	0	Tangente sencilla
E13	13TS1	3	Tangente sencilla
E14	13TS1	18	Tangente sencilla
E15	13TD1	22	Tangente doble
E16	13TD1	31	Tangente doble
E17	13TS1	6	Tangente sencilla
E18	13TS1	6	Tangente sencilla
E19	13CR1	120	Cruce vertical doble remate
E20	13TS1	2	Tangente sencilla
E21	13TS1	2	Tangente sencilla
E22	13TS1	0	Tangente sencilla
E23	13TS1	0	Tangente sencilla
E24	13TS1	8	Tangente sencilla
E25	13TS1	0	Tangente sencilla
E26	13TS1	0	Tangente sencilla
E27	13TS1	7	Tangente sencilla
E28	13TD1	32	Tangente doble
E29	13CR1	120	Cruce vertical doble remate
E30	13TS1	0	Tangente sencilla
E31	13TD1	22	Tangente doble
E32	13TS1	10	Tangente sencilla
E33	13TS1	15	Tangente sencilla
E34	13TD1	42	Tangente doble
REF1	13TS1	0	Tangente sencilla
REF2	13TD1	30	Tangente doble

<b>REF3</b>	13TS1	0	Tangente sencilla
<b>REF4</b>	13TNRH1	0	Transformador neutro común remate horizontal

Tabla 27: Estructuras a utilizar

### Estructuras individuales, elementos por estructura

<b>TANGENTE SENCILLA (26)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	52
11	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	1	26
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	52
28	Arandela Redonda 5/8" (15.9mm)	2	52
72	Espiga cabezote 18" (457.2mm)	1	26
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	2	52
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	2	52

Tabla 28: Elementos a utilizar, estructura tangente sencilla

<b>TANGENTE DOBLE(4)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	8
11	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	2	8
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	8
24	Almohadilla para espiga cabezote	1	4
72	Espiga cabezote 18" (457.2mm)	2	8
109	Perno maquina 5/8 x 12" (15.9x254mm)	2	8
112	Perno maquina 5/8 x 6" (15.9x152.4mm)	2	8

Tabla 29: Elementos a utilizar, estructura tangente doble

<b>CORTE HORIZONTAL(1)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	2
11	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	1	23
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	4	92
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	46
24	Almohadilla para espiga cabezote	1	23
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	3	69
50	Conector de compresión S/R	1	23

72	Espiga Cabezote 18"(457.2mm)	1	23
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	23
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	3	69
116	Perno todo rosca 5/8x12"(15.9x34mm)	1	23
128	Remate preformado S/R	2	46

Tabla 30: Elementos a utilizar, estructura corte horizontal

<b>CRUCE VERTICAL SENCILLO(1)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	1
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	2	46
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	46
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	46
81	Grapa angular S/R	1	23
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	23
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	1	23
116	Perno toda rosca 5/8 x 12" (15.9x254mm)	1	23
146	Tuerca argolla 5/8" (15.9mm)	1	23

Tabla 31: Elementos a utilizar, estructura cruce vertical sencillo

<b>CRUCE VERTICAL DOBLE REMATE(5)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	5
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	2	10
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	10
49	Clevis de remate S/R	2	10
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	5
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	1	5
128	Remate preformado S/R	2	10
146	Tuerca argolla 5/8" (15.9mm)	1	5

Tabla 32: Elementos a utilizar, estructura cruce vertical doble remate

<b>TANGENTE SECUNDARIA CON DERIVACION(4)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	4
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8

50	Conector de compresión	1	4
73	Estribo para carrete	1	4
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4
128	Remate preformado	1	4

Tabla 33: Elementos a utilizar, estructura tangente secundaria con derivación

<b>TANGENTE SECUNDARIA(4)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	4
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8
50	Conector de compresión	1	4
73	Estribo para carrete	1	4
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4

Tabla 34: Elementos a utilizar, estructura tangente secundaria

<b>REMATE SECUNDARIA(4)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	13
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	26
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	26
73	Estribo para carrete	1	13
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	13
113	perno maquina 5/8"x2"	1	13
128	Remate preformado	1	13

Tabla 35: Elementos a utilizar, estructura remate secundaria

<b>TANGENTE PARA NEUTRO(4)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8
86	Grapa un perno.	1	4
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4

Tabla 36: Elementos a utilizar, estructura tangente para neutro

<b>CRUCE DOBLE REMATE PARA NEUTRO(4)</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4
128	Remate preformado	1	4
147	Tuerca argolla 5/8" con canal	2	8

Tabla 37: Elementos a utilizar, estructura cruce doble remate para neutro

### Elementos de transformador a utilizar.

<b>TRANSFORMADOR NEUTRO COMUN CON REMATE HORINZONTAL</b>			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	1
2	Abrazadera completa 7-75/8" (177.8-193.7mm)	4	4
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	1	1
22	Alambre de cobre #4 desnudo (m)	30	30
23	Almohadilla para crucero	2	2
28	Arandela redonda 5/8"	3	3
37	Barra para polo a tierra 5/8" x8"	6	6
45	Cable de forro plástico	4	4
48	Cinta metálica Band-it 1/2"	5	5
50	Conector de compresión	2	2
51	Conector universal	1	1
53	Cortacircuitos 15kv, 100 A	1	1
74	Estribo para grapa línea viva	1	1
75	Extensión para Cortacircuitos y pararrayos	1	1
78	Fusible tipo T	1	1

83	Grapa para línea viva	1	1
84	Grapa para polo a tierra	4	4
103	Pararrayos tipo distribución 10kv	1	1
110	Perno maquina 5/8"x10"	3	3
113	Perno maquina 5/8"x2"	2	2
114	Perno maquina 1/2"x1 1/2"	2	2
144	Tubo de acero galvanizado 1/2" (m)	4	4

Tabla 38: Elementos a utilizar, transformador.

## MEMORIA DE CÁLCULOS.

### Calculo del transformador.

Calculo de Transformador		
Número de Viviendas	15	
Potencia Por Vivienda	1	kw
Factor de potencia	0.9	(Fp)
Factor de Demanda	0.8	(FD)
Factor de simultaneidad	0.6	(Fs)
Potencia Aparente ins./ vivienda		
S=	W / Fp	
S=	1.11	KVA
Potencia Demandada Max./viv.		
SDmax=	FD*S	
SDmax=	0.9	KVA
Potencia Demandada Max. Total		
SDmaxT=	SDmax*N° de viv.	
SDmaxT=	13.3	KVA
Potencia Requerida		
SR=	SDmaxT*Fs	
SR=	8	KVA
<b>INSTALAR UN TRANSFORMADOR TIPO POSTE MONOFÁSICO DE 15KVA</b>		

Tabla 39: Calculo eléctrico del transformador a utilizar.

### Calculo de conductor secundario.

Calculo Conductor Secundario		
Resistividad Aluminio=	0.02941	( $\rho$ )
Caída de tensión=	5	( $\square\%$ )
Voltaje=	120	V
$\Delta V$ =	(V* $\square\%$ ) /100	
$\Delta V$ =	6	V
Corriente Total		
IT=	SDmaxT/(V*Fp)	
IT=	123.4567901	Amperios
Corriente por Viv.		
Iviv=	IT / N° de viv	
Iviv=	8.230452675	Amperios

Tabla 40: Cálculo eléctrico conductor secundario

### Área del conductor

Área del conductor		
	$\text{Area Cond.} = \frac{2 \cdot \rho \cdot \Sigma(L \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi)}{\Delta V}$	
Longitud Total del tendido secundario		
$\Sigma L$ secundario =	1121	m
Momento Eléctrico		
M =	$\Sigma L \cdot I_{viv} \cdot \text{Cos}\varphi$	
M =	8303.703704	A.m
Sección de Área de conductor		
Área conductor =	81.40885984	mm <sup>2</sup>
<p><b>SEGÚN TABLAS DE CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR ACSR EL QUE CUMPLE LOS CRITERIOS DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE Y EL CRITERIO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN SELECCIONAMOS EL CONDUCTOR</b></p>		
<p><b>PIGEON AWG 3/0</b></p>		

Tabla 41: Calculo eléctrico área del conductor secundario.

## Calculo de conductor primario

<b>POR NORMA, SABIENDO QUE LA CORRIENTE ES DE 123. 456 AMPERIOS, EL VANO ES DE 60 METROS Y LA TENSIÓN ES 13.2KV</b>	<b>CONDUCTOR SPARROW 2 AWG</b>
---	--------------------------------

Tabla 42: Calculo eléctrico área del conductor primario.

## Calculo mecánico de la línea de distribución.

Tensión de diseño			Tensión		
To =	Ti/Cs		T1=	$\sqrt{Pp^2 + Pv^2}$	
	1289	Kg		1.966209106	kg/m
Presión de viento			Flecha		
Pv=	$0.05 V^2$		f=	$a^2 * T1 / 8 * To$	
	1.9615	Kg/m	f=	0.686419005	m

peso propio del ACAR	0.136	Kg/m	numero de torres	Ta(Kg)	Tb(Kg)	vano(mts)
Carga de rotura	1289	Kg	E1- E34	89.2517235	84.1653235	60

Tabla 43: Cálculo mecánico de la línea de distribución. Tensiones, flecha, presión de viento.

ACSR SPARROW (2 AWG)			
Estructura	vanos(mts)	flechas(mts)	To(Kg)
E1	60	0.68	89.15
E2	60	0.68	89.15
E3	60	0.68	89.15
E4	60	0.68	89.15
E5	60	0.68	89.15
E6	60	0.68	89.15
E7	60	0.68	89.15
E8	60	0.68	89.15
E9	60	0.68	89.15
E10	60	0.68	89.15
E11	60	0.68	89.15
E12	60	0.68	89.15
E13	60	0.68	89.15
E14	60	0.68	89.15

Estructura	vanos(mts)	flechas(mts)	To(Kg)
E15	60	0.68	89.15
E16	60	0.68	89.15
E17	60	0.68	89.15
E18	60	0.68	89.15
E19	60	0.68	89.15
E20	60	0.68	89.15
E21	60	0.68	89.15
E22	60	0.68	89.15
E23	60	0.68	89.15
E24	60	0.68	89.15
E25	60	0.68	89.15
E26	60	0.68	89.15
E27	60	0.68	89.15
E28	60	0.68	89.15
E29	60	0.68	89.15

<b>E30</b>	60	0.68	89.15
<b>E31</b>	60	0.68	89.15
<b>E32</b>	60	0.68	89.15

<b>E33</b>	60	0.68	89.15
<b>E34</b>	60	0.68	89.15

Tabla 44: Cálculos mecánicos de línea de distribución por elemento, vanos y flechas.

torres de derivación	Angulo (grados)	fuerza de derivación (Kg)	To(Kg)
<b>E1</b>	36	55.10	89.15
<b>E2</b>	103	139.55	89.15
<b>E3</b>	12	18.63	89.15
<b>E4</b>	106	142.41	89.15
<b>E5</b>	0	0	89.15
<b>E6</b>	0	0	89.15
<b>E7</b>	8	12.43	89.15
<b>E8</b>	0	0	89.15
<b>E9</b>	9	14.0	89.15
<b>E10</b>	12	18.63	89.15
<b>E11</b>	120	154.42	89.15
<b>E12</b>	0	0	89.15
<b>E13</b>	0	0	89.15
<b>E14</b>	3	4.66	89.15
<b>E15</b>	18	27.89	89.15
<b>E16</b>	22	34.02	89.15
<b>E17</b>	31	47.65	89.15

<b>E18</b>	6	9.33	89.15
<b>E19</b>	120	154.42	89.15
<b>E20</b>	2	3.11	89.15
<b>E21</b>	2	3.11	89.15
<b>E22</b>	0	0	89.15
<b>E23</b>	0	0	89.15
<b>E24</b>	8	12.43	89.15
<b>E25</b>	0	0	89.15
<b>E26</b>	0	0	89.15
<b>E27</b>	2	3.11	89.15
<b>E28</b>	32	49.15	89.15
<b>E29</b>	120	154.42	89.15
<b>E30</b>	0	0	89.15
<b>E31</b>	22	34.02	89.15
<b>E32</b>	10	15.54	89.15
<b>E33</b>	15	23.27	89.15
<b>E34</b>	42	63.90	89.15

Tabla 45: Cálculo mecánico de la línea de distribución, ángulos, fuerzas.

Nota: Al realizar los cálculos de fuerzas en las estructuras podemos observar que cada una de ellas cumple con las especificaciones y normas técnicas de construcción, seguridad y servicio impuestos por el ente regulador a este tipo de instalaciones. Para cada cálculo se ha tomado en cuenta los criterios de diseño y seguridad colocada al principio de este capítulo.

### Distancia entre estructuras dentro de la comunidad

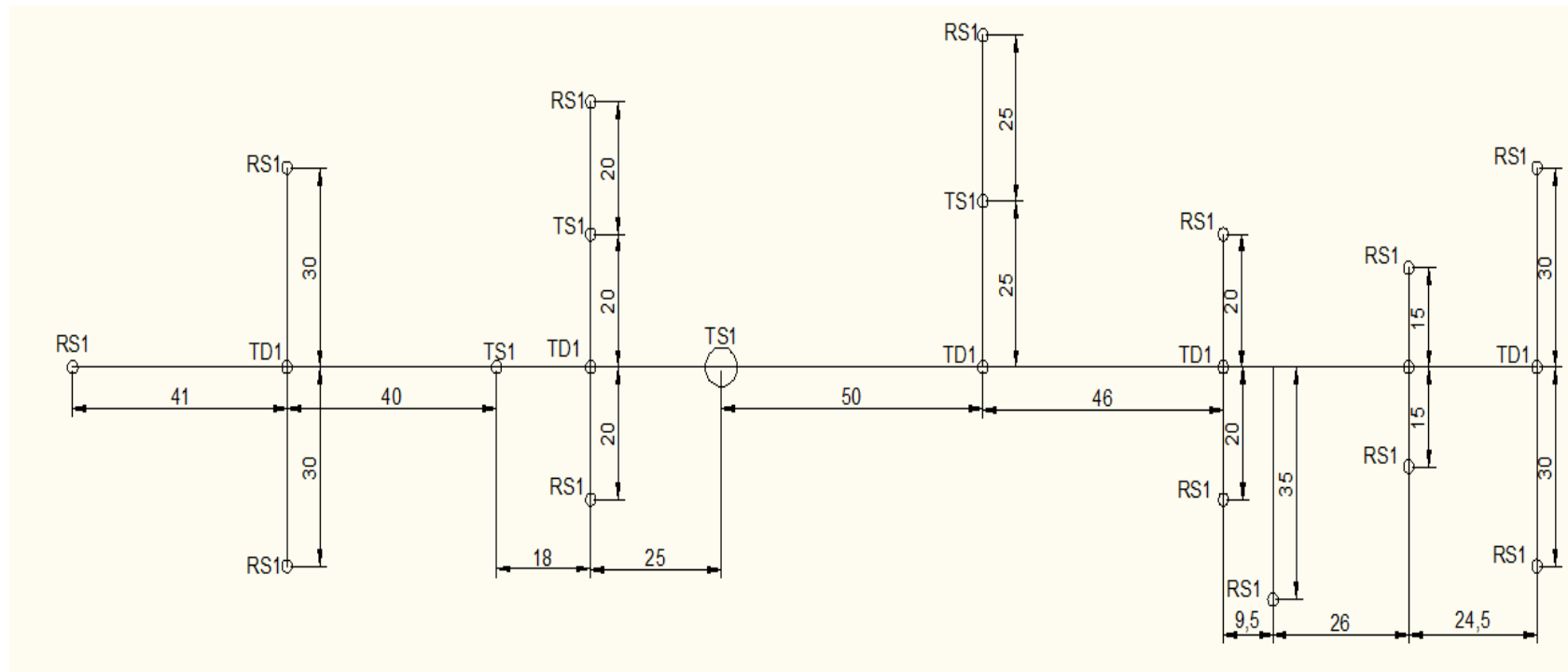


Ilustración 29: Distancias de estructuras dentro de la comunidad. Tipos de estructuras.

### Perfil de la línea

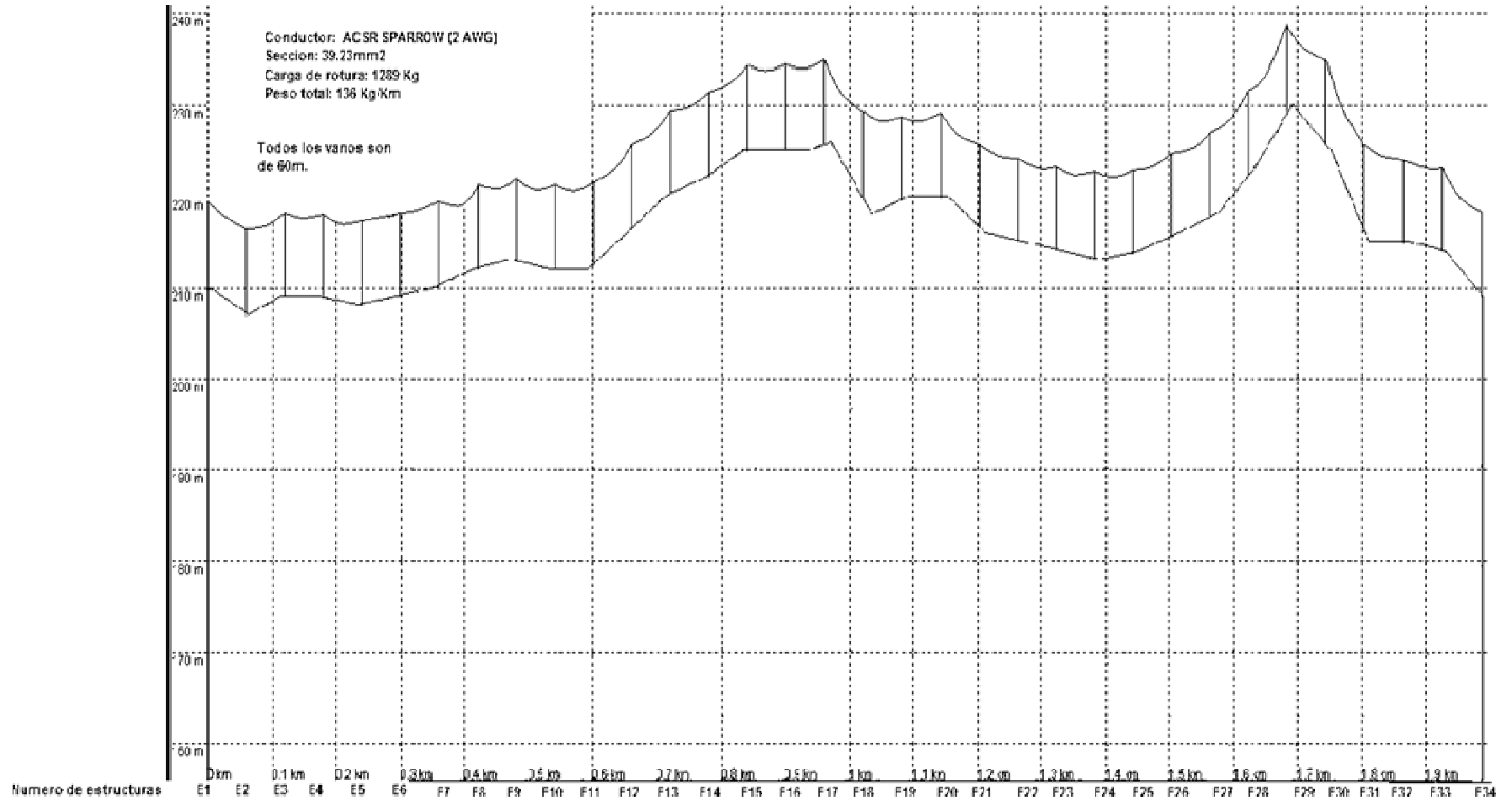


Ilustración 30: Perfil de la línea de distribución.

Vista aérea de la línea de distribución.

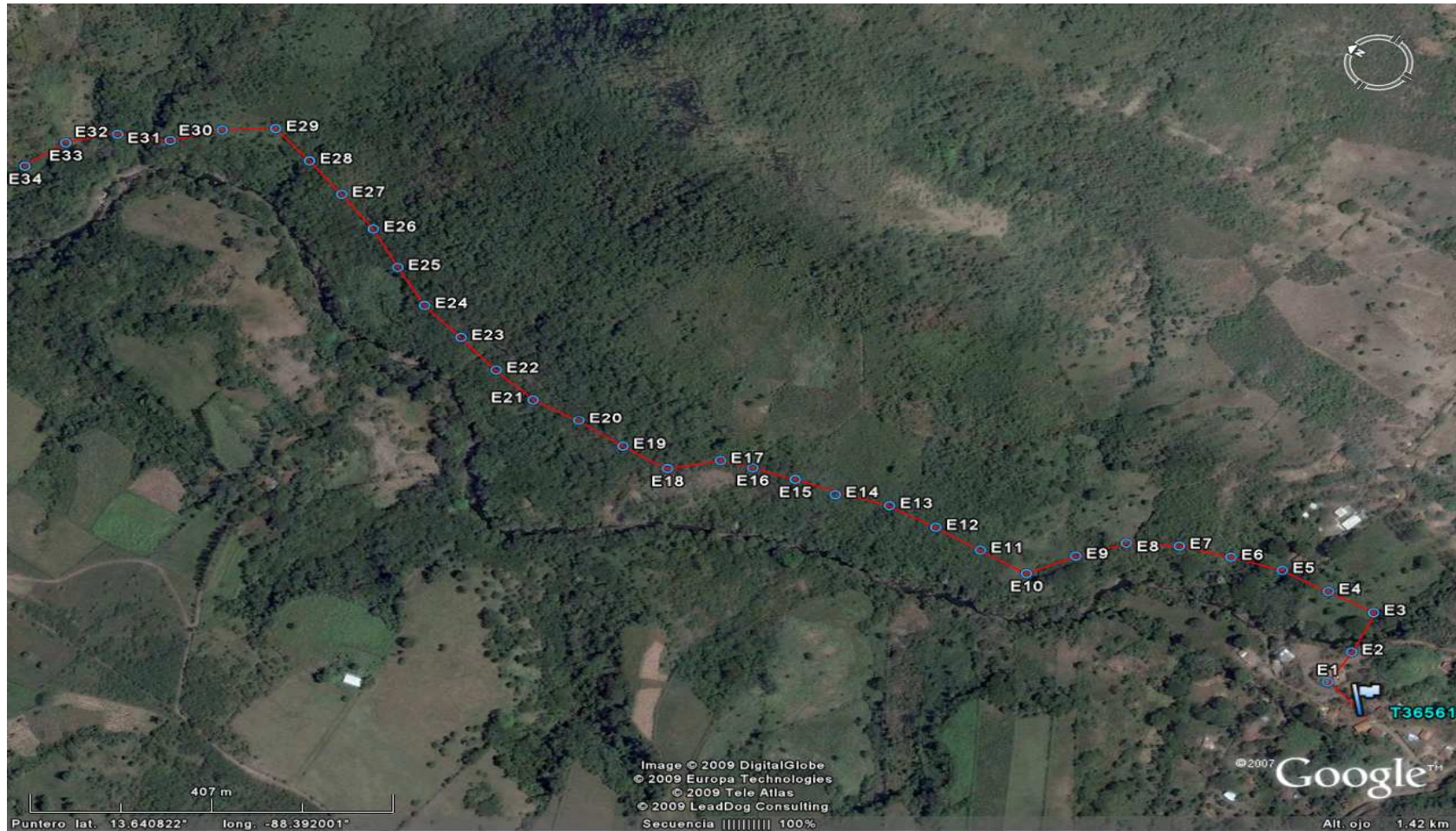


Ilustración 31: Vista aérea de la línea de distribución.

Línea de distribución secundaria.

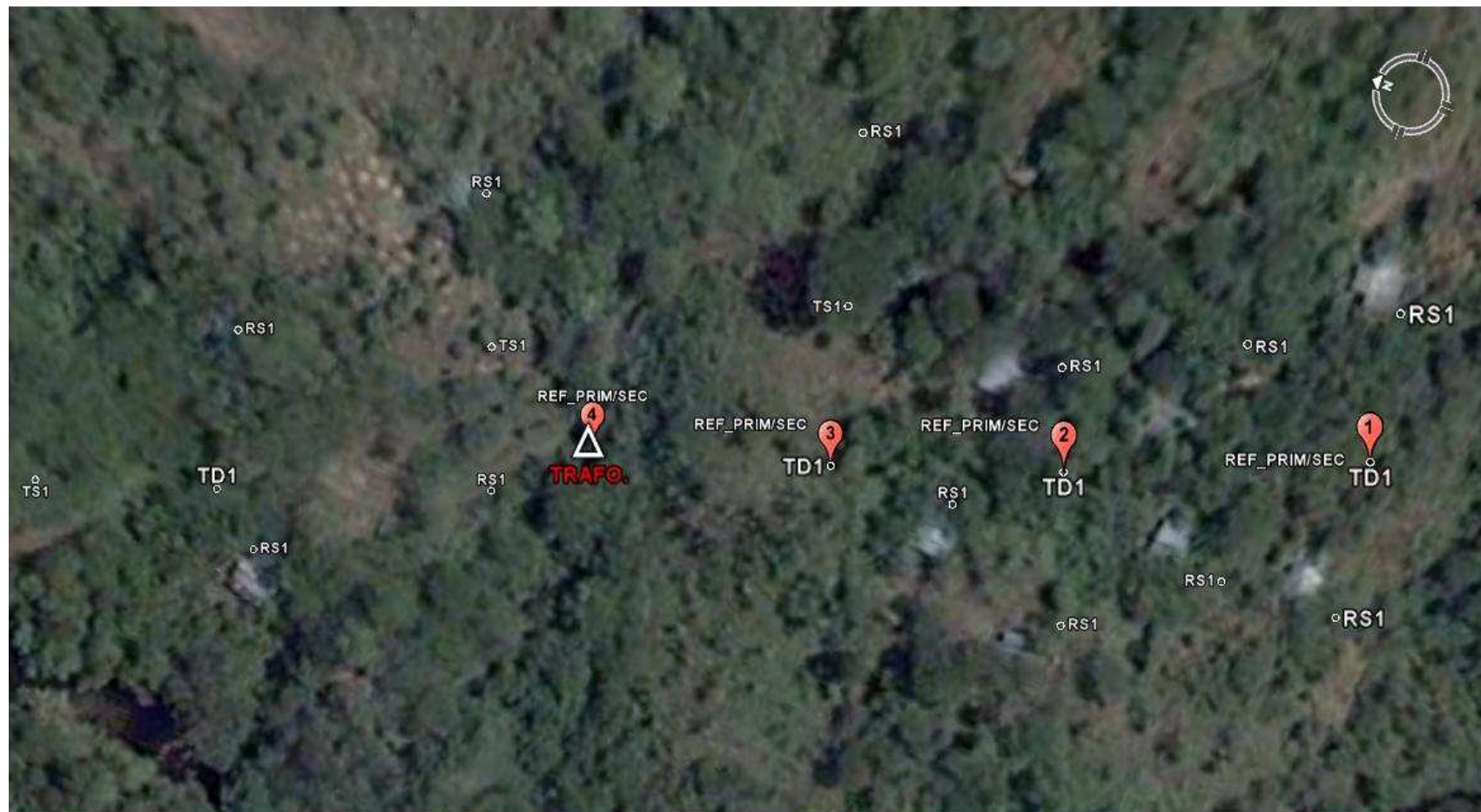


Ilustración 32: Vista aérea estructuras internas y posición de transformador dentro de la comunidad

Diagrama unifilar del sistema convencional.

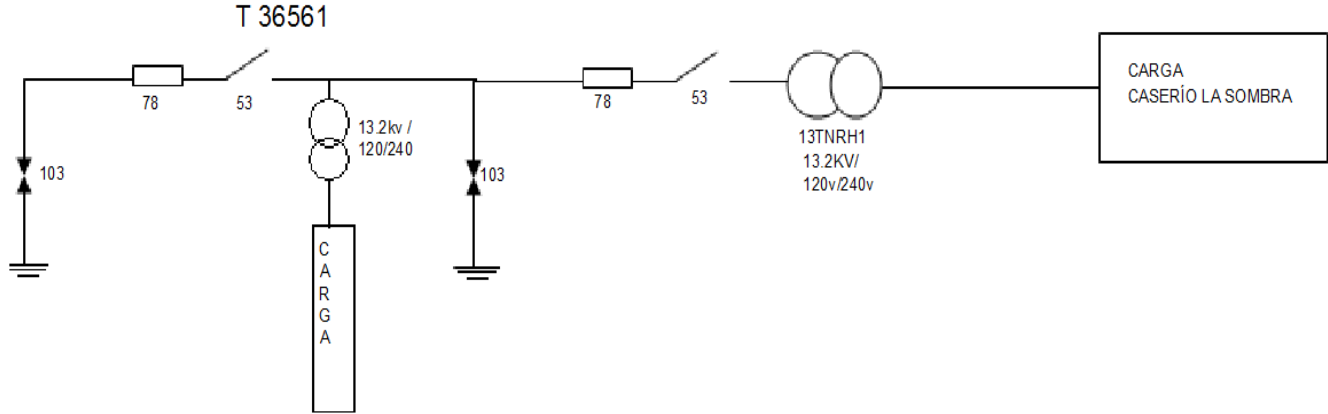


Ilustración 33: Diagrama unifilar del sistema convencional

**Simbología.**

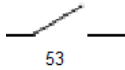
Pararrayos tipo distribución 25kv.



Fusible tipo T.



Cortocircuito 15kv, 100 A.



Transformador tipo poste monofásico de 15KVA.



Carga.



## CAPITULO 4: DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

#### Módulos fotovoltaicos

Los módulos deben cumplir todas las normas de eficiencia y seguridad, además deben poder generar el voltaje suficiente para cargar las baterías aun en condiciones adversas, es por ello que al seleccionar el tipo de módulos los mono cristalinos o poli cristalinos son las mejor opción, los módulos amorfos aunque en muchos casos son suficientes para suplir necesidades básicas poseen limitantes que pueden generar inestabilidad al sistema, al contrario de los módulos monocristalinos y policristalinos que poseen una eficiencia mayor y prestaciones más aceptables para instalaciones que presentan condiciones especiales.

A continuación se presentan 3 opciones de módulos monocristalinos con diferentes especificaciones y prestaciones técnicas, con el fin de escoger el idóneo para la instalación a diseñar.



#### TRINA TSM-DC01, 165W a 180W

Módulo solar fotovoltaico

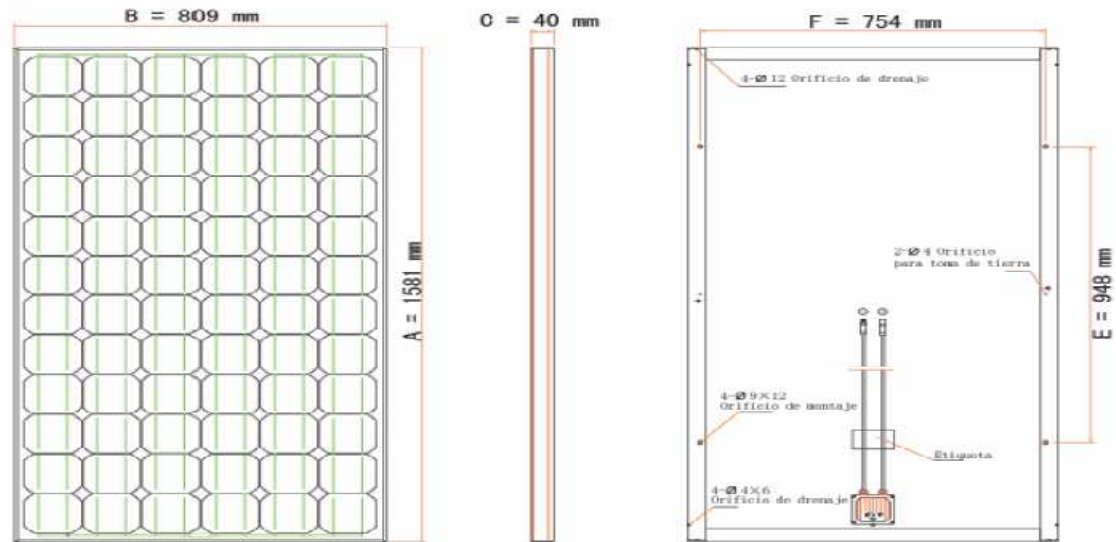
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		
Tipo de cable, diámetro y longitud		4mm <sup>2</sup> , TÜV certificado, 900mm
Tipo de conector		Compatible tipo III y tipo IV
Dimensiones	A*B*C (mm)	1581*809*40
Peso	(Kg)	15.6
N° orificios de drenaje en marco		12
Tipo de vidrio y grosor		Alta transmisión de la luz, bajo contenido en hierro: 3.2mm

Ilustración 34 características mecánicas modulo solar trinasolar

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
Modelo	TSM	165-DC01	170-DC01	175-DC01	180-DC01
Potencia máxima	Pm(W)	165	170	175	180
Tolerancia de la potencia	(%)	±3	±3	±3	±3
Tensión de punto de máxima potencia	Vm(V)	35.6	35.8	36.2	36.8
Corriente de punto de máxima potencia	Im(A)	4.65	4.76	4.85	4.90
Tensión de circuito abierto	Voc(V)	43.2	43.6	43.9	44.2
Corriente de corto circuito	Isc(A)	5.20	5.25	5.30	5.35
Tensión máxima del sistema	(VDC)	1000			
Eficiencia de la célula	$\eta_c$ (%)	15.4	15.9	16.4	16.8
Eficiencia del módulo	$\eta_m$ (%)	12.9	13.3	13.7	14.1
Nº, tipo y configuración de las células		72 un. silicio monocristalino (6x12)			
Dimensiones de la célula	(mm)	125 X 125			
Nº de diodos bypass	(un.)	3			
Máxima intensidad del fusible en serie	(A)	7			
Coef. de temperatura Pm	(%/°C)	-0.45			
Coef. de temperatura Isc	(%/°C)	0.05			
Coef. de temperatura Voc	(%/°C)	-0.35			
NOCT	(°C)	47±2			

Ilustración 35: Características mecánicas modulo solar trina solar

## Dimensiones



Dimensiones (mm) A*B*C	1581*809*40
Orificios de montaje (mm) E*F	948*754
Longitud del cable (mm) G	900

Ilustración 36 : Dimensiones modulo solar trinasolar

# KC130TM

MODULO FOTOVOLTAICO POLICRISTALINO DE  
ALTO RENDIMIENTO



Características Eléctricas a 800 W/m <sup>2</sup> , NOCT, AM1.5	
Potencia Máxima (P <sub>máx</sub> )	92W
Voltaje a Potencia Máxima (V <sub>mpp</sub> )	15.5V
Corriente a Potencia Máxima (I <sub>mpp</sub> )	5.94A
Voltaje de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> )	19.9V
Corriente de Circuito Abierto (I <sub>sc</sub> )	6.47A

\* Temperatura Nominal de Operación de Celda : 47 °C

Características Eléctricas bajo Condiciones Estandar de Ensayo (* STC)	
Potencia Máxima (P <sub>máx</sub> )	130W (+10%/-5%)
Voltaje a Potencia Máxima (V <sub>mpp</sub> )	17.6V
Corriente a Potencia Máxima (I <sub>mpp</sub> )	7.39A
Voltaje de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> )	21.9V
Corriente de Circuito Abierto (I <sub>sc</sub> )	8.02A
Voltaje Máximo del Sistema	600V
Coefficiente de Temperatura del V <sub>oc</sub>	-8.21×10 <sup>-2</sup> V/°C
Coefficiente de Temperatura de la I <sub>sc</sub>	3.18×10 <sup>-3</sup> A /°C

\* STC: Irradiacion 1000 W/m<sup>2</sup>, AM1.5, Temperatura de Celda 25 °C

Celdas	
Cantidad por Módulo	36
Peso y Medidas del Módulo	
Largo x Ancho x Espesor	1425mm(56.1in)×652mm(25.7in)×58mm(2.3in)
Peso	11.9kg(26.8lbs.)
Características de la Caja de Conexiones	
Largo x Ancho x Espesor	170.6mm(6.7in)×191.6mm(7.5in)×51.5mm(2.0in)
Grado IP	IP65
Reducción de Eficiencia a Baja Irrandiación	
Reducción	4.3%

\* STC: Irradiacion 1000 W/m<sup>2</sup>, AM1.5, Temperatura de Celda 25 °C

Ilustración 37: Características modulo solar Policristalino Kyocera

## ◆ Dimensiones

Unit : mm (in.)

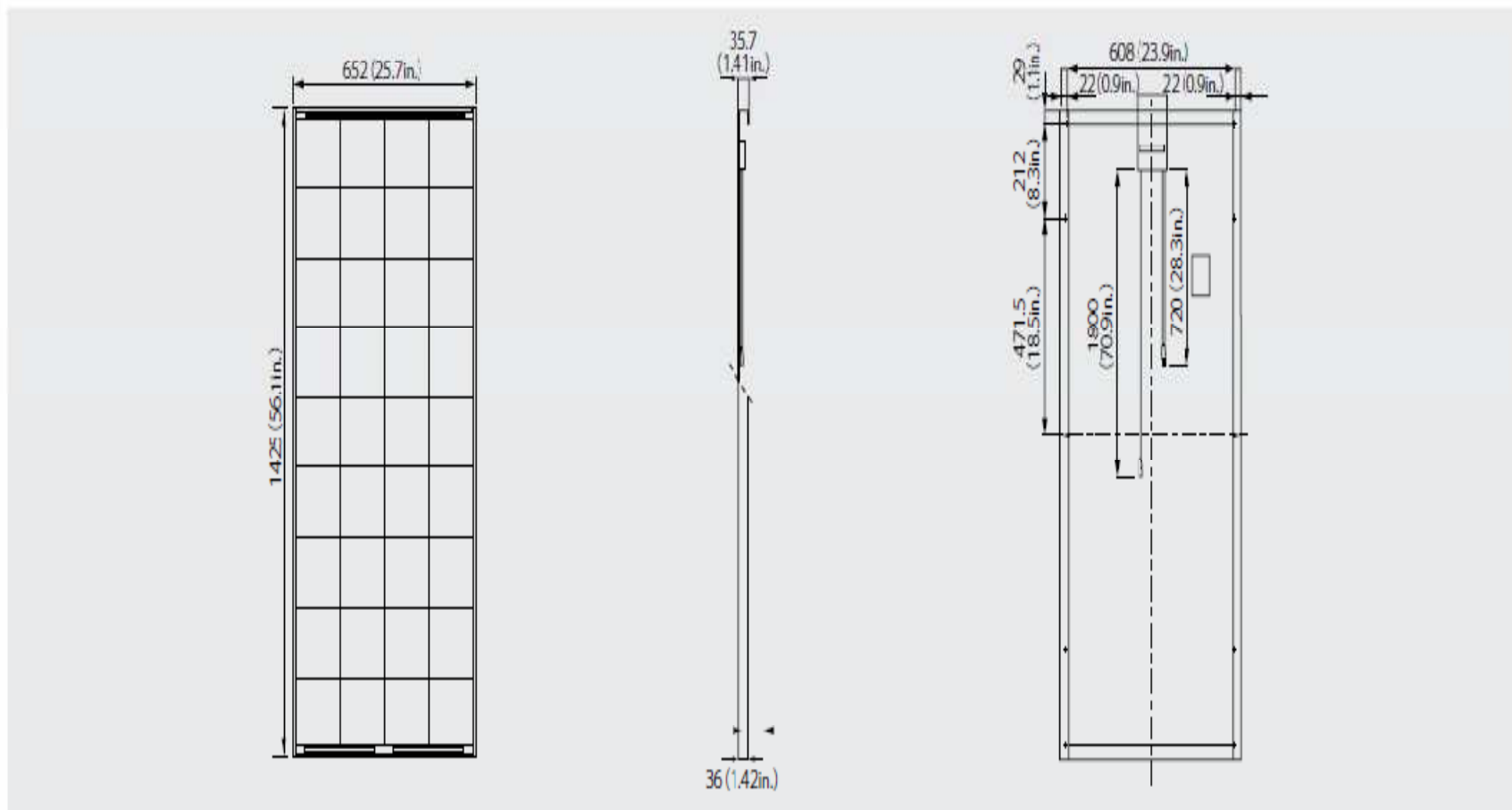


Ilustración 38 : Dimensiones modulo solar Kyocera KC 130TM

## PS120M: Panel Solar 120W Monocristalino



Potencia Max.	120W
Tolerancia	± 3%
Corriente de Máxima Potencia (A)	6,98A
Tensión de Máxima Potencia (V)	17,2V
Corriente de Cortocircuito (A)	7,7A
Tensión de Circuito Abierto (V)	21,6V
TONC (°C)	48°C +/-2
Tensión Máxima del Sistema (V)	1000V
Tipo de célula	Monocristalino
Tamaño de célula	156x156mm
Número de células	4x9
Eficiencia células (%)	16-17%
Temperatura Trabajo	-40°C a +85°C
Certificados	CE, ISO
Garantía	2 años sobre defectos de fabricación. 90% rendimiento hasta 12 años y 80% hasta 25 años.
Dimensiones (mm)	1482x676x35mm
Peso (Kg)	12Kg
Marco	Aluminio anodizado
Cara frontal	Vidrio templado y microestructurado de alta transmisividad

Ilustración 39 : Características panel solar 120W Monocristalino Juncoop

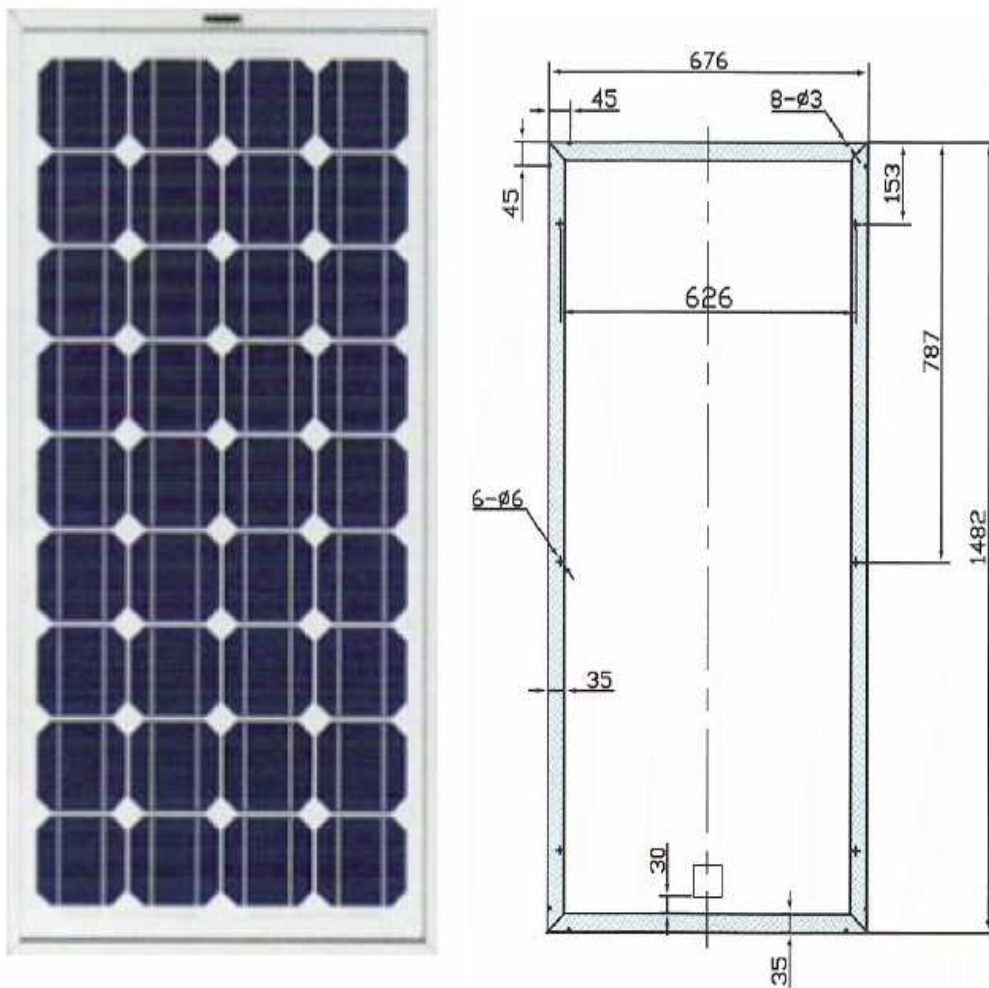


Ilustración 40: Dimensiones panel solar Monocristalino 120W Juncoop

## Baterías

### *Tipos de Baterías*

Baterías de plomo-ácido de electrolito líquido:

Las baterías de plomo-ácido se aplican ampliamente en los sistemas de generación fotovoltaicos.

Dentro de la categoría plomo - ácido, las de plomo - antimonio, plomo - selenio y plomo - calcio son las más comunes.

La unidad de construcción básica de una batería es la celda de 2 Volts. Dentro de la celda, la tensión real de la batería depende de su estado de carga, si está cargando, descargando o en circuito abierto.

En general, la tensión de una celda varía entre 1,75 Volts y 2,5 Volts, siendo el promedio alrededor de 2 Volts, tensión que se suele llamar nominal de la celda.

Se puede hacer una clasificación de las baterías en base a su capacidad de almacenamiento de energía (medido en Ah a la tensión nominal) y a su ciclo de vida (numero de veces en que la batería puede ser descargada y cargada a fondo antes de que se agote su vida útil).

La capacidad de almacenaje de energía de una batería depende de la velocidad de descarga. La capacidad nominal que la caracteriza corresponde a un tiempo de descarga de 10 horas. Cuanto mayor es el tiempo de descarga, mayor es la cantidad de energía que la batería entrega. Un tiempo de descarga típico en sistemas fotovoltaicos es 100 hs

Dentro de las baterías de plomo - ácido, las denominadas estacionarias de bajo contenido de antimonio son una buena opción en sistemas fotovoltaicos. Ellas poseen unos 2500 ciclos de vida cuando la profundidad de descarga es de un 20 % (es decir que la batería estará con un 80 % de su carga) y unos 1200 ciclos cuando la profundidad de descarga es del 50 % (batería con 50 % de su carga).

Las baterías estacionarias poseen además, una baja auto-descarga (3 % mensual aproximadamente contra un 20 % de una batería de plomo - ácido convencional) y un reducido mantenimiento.

Dentro de estas características se encuadran también las baterías de plomo-calcio y plomo- selenio, que poseen una baja resistencia interna, valores despreciables de gasificación y una baja auto descarga.

### *Baterías selladas*

Estas baterías incorporan un electrolito del tipo gel con consistencia que puede variar desde un estado muy denso al de consistencia similar a una jalea. No se derraman, pueden montarse en casi cualquier posición y no admiten descargas profundas.

Cuando las celdas de 2 Volts se conectan en serie (POSITIVO A NEGATIVO) las tensiones de las celdas se suman, obteniéndose de esta manera, baterías de 4, 6, 12 Volts, etc.

### *Electrolito absorbido*

El electrolito se encuentra absorbido en una fibra de vidrio micro poroso o en un entramado de fibra polimérica. Al igual que las anteriores no se derraman, admiten cualquier posición y admiten descargas moderadas.

Tanto estas baterías como las Gelificadas no requieren mantenimiento en forma de agregado de agua, no desarrollan gases evitando el riesgo de explosión, pero ambas requieren descargas poco profundas durante su vida de servicio.

### *Níquel – Cadmio:*

Las principales características son:

- El electrolito es alcalino.
- Admiten descargas profundas de hasta el 90% de la capacidad nominal.
- Bajo coeficiente de auto descarga.
- Alto rendimiento ante variaciones extremas de temperatura.
- La tensión nominal por elemento es de 1,2 Volts.
- Alto rendimiento de absorción de carga (mayor al 80 %).
- Muy alto costo comparado con las baterías ácidas.

Al igual que las baterías de plomo-ácido, estas se pueden conseguir en las dos versiones, estándar y selladas, utilizando la mas conveniente según la necesidad de mantenimiento admisible para la aplicación prevista. Dado su alto costo, no se justifica su utilización en aplicaciones rurales.

### **Reguladores de carga**

Los reguladores aun siendo de tipos diferentes presentan características comunes, las cuales podemos observar a continuación:

#### *Protecciones típicas*

- Contra sobrecarga temporizada en consumo.
- Contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo.
- Contra desconexión de batería.

#### *Indicadores de estado/ señalizadores habituales*

- Indicadores de tensión en batería.
- Indicadores de fase de carga.
- Indicadores de sobrecarga/ cortocircuito.

#### *Parámetros a calcular, dimensionamiento*

- Tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48)V.
- Intensidad del regulador: la intensidad nominal de un regulador ha de ser mayor que la recibida en total del campo de paneles FV.

Parámetros importantes que determinan su operación.

- Intensidad Máxima de Carga o de generación: Máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.

- Intensidad máxima de consumo: Máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.
- Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente entregada por el generador fotovoltaico (flotación<sup>2</sup>). Vale aproximadamente 14.1A para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12V.

### **Inversor.**

#### *Criterios para la elección de un inversor:*

Un inversor poco eficiente obliga a generar más energía y por tanto a gastar más dinero en paneles fotovoltaicos para satisfacer nuestras necesidades.

El inversor debe de ser eficiente en un margen de potencia amplio, por lo que es muy importante su curva de rendimiento, no solo el rendimiento máximo.

Algunos inversores envían a la línea pulsos de corriente para detectar si hay cargas conectadas. De esta forma se consigue que el inversor solo se encienda cuando es necesario, lográndose un ahorro de energía importante.

#### *Dimensionamiento de un inversor*

Las principales características vienen determinadas por la tensión de entrada del inversor, que se debe adaptar a la del sistema, la potencia máxima que puede proporcionar, la forma de onda en la salida (sinusoidal pura o modificada, etc.), la frecuencia de trabajo y la eficiencia, próxima al 85%.

Los inversores deben dimensionarse de dos formas. La primera es considerando los watts de potencia eléctrica que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal de forma continua.

Los inversores son menos eficientes cuando se utilizan a un porcentaje bajo de su capacidad. Por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de la carga de consumo.

La segunda forma de dimensionar el inversor es mediante la potencia de arranque.

Algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo. Esta capacidad es importante cuando se utilizan cargas que requieren gran potencia para arrancar, en nuestro caso no se poseen cargas excesivas por lo que la segunda opción no es utilizable para nuestra instalación.

Además del dimensionamiento de estos equipos, debemos tomar en cuenta la protección de los mismos, esto respalda al equipo con una vida útil mayor y resguardo contra posibles complicaciones durante su utilización, por esta razón, los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

Considerado uno de los bloques básicos del sistema porque el dimensionamiento del mismo tiene un rol muy importante en la reducción de pérdidas por calor. Deberá recordarse que para un dado régimen de carga (Watts), la corriente disminuye cuando el voltaje del sistema se incrementa. En la práctica muchos de los aparatos de CC son fabricados para 12 V, de manera que este voltaje se ha convertido, por necesidad, en el más popular en sistemas con cargas de CC. Cuando el consumo se incrementa, la corriente de carga también aumenta,

necesitándose cables de mayor diámetro y costo, los que son más difíciles de conectar. Si se llega a esta condición, se necesita observar de nuevo el diseño.

## Conductores

La selección del conductor a usarse debe ser hecha teniendo en cuenta varios factores. Los más importantes son: la capacidad del cable de manejar la corriente máxima que debe circular por el mismo, el tipo de aislación, el tipo de conductor (sólido o multi-alambre) y, por último, el material con que está hecho el conductor.

A continuación se presentan tres tipos de conductor para aplicaciones fotovoltaicas:













Cable solar Radox de un solo hilo

- 1) Conductor: Cable de cobre trenzado estañado, hilo fino
- 2) Aislamiento: Radox negro
- 3) Recubrimiento: Radox, colores ver datos técnicos

Art. n°	1302 185	1302 183	1302186	130 1323
Modelo	Radox cable solar 6 azul, trómel de 500 m	Radox cable solar 6 negro, trómel de 100 m	Radox cable solar 6 negro, trómel de 500 m	Radox cable solar 10 negro
Sección transversal	6.0 mm <sup>2</sup>	6.0 mm <sup>2</sup>	6.0 mm <sup>2</sup>	10.0 mm <sup>2</sup>
Color	Azul	Negro	Negro	Negro
Diámetro del cable	6.9 mm ±0.20 mm	6.9 mm ±0.20 mm	6.9 mm ±0.20 mm	8.1 mm ±0.15 mm
Tensión nominal	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA
Radio de flexión mínimo	4 x diámetro	4 x diámetro	4 x diámetro	6 x diámetro
Rango de temperatura	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C
Resistencia al cortocircuito hasta	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)
Conductor	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino
Aislamiento	Radox negro	Radox negro	Radox negro	Radox negro
Peso *	9.2 kg	9.2 kg	9.2 kg	14.4 kg
Garantía	15 años	15 años	15 años	15 años
Normas	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5

Ilustración 41 : Características de conductores Radox.

Art. n°	1302175	1302178	1302176	1302179	1302177
					
Modelo	Radox cable solar 4 rojo, trómel de 100 m 	Radox cable solar 4 rojo, trómel de 500 m 	Radox cable solar 4 azul, trómel de 100 m 	Radox cable solar 4 azul, trómel de 500 m 	Radox cable solar 4 negro, trómel de 100 m 
Sección transversal	4.0 mm <sup>2</sup>	4.0 mm <sup>2</sup>	4.0 mm <sup>2</sup>	4.0 mm <sup>2</sup>	4.0 mm <sup>2</sup>
Color	Rojo	Rojo	Azul	Azul	Negro
Diámetro del cable	5.8 mm ±0.15 mm	5.8 mm ±0.15 mm	5.8 mm ±0.15 mm	5.8 mm ±0.15 mm	5.8 mm ±0.15 mm
Tensión nominal	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA
Radio de flexión mínimo	4 x diámetro	4 x diámetro	4 x diámetro	4 x diámetro	4 x diámetro
Rango de temperatura	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C
Resistencia al cortocircuito hasta	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)
Conductor	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino
Aislamiento	Radox negro	Radox negro	Radox negro	Radox negro	Radox negro
Peso *	6.6 kg	6.6 kg	6.6 kg	6.6 kg	6.6 kg
Garantía	15 años	15 años	15 años	15 años	15 años
Normas	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086








Art. n°	1302180	1302181	1302184	1302182
				
Modelo	Radox cable solar 4 negro, trómel de 500 m 	Radox cable solar 6 rojo, trómel de 100 m 	Radox cable solar 6 rojo, trómel de 500 m 	Radox cable solar 6 azul, trómel de 100 m 
Sección transversal	4.0 mm <sup>2</sup>	6.0 mm <sup>2</sup>	6.0 mm <sup>2</sup>	6.0 mm <sup>2</sup>
Color	Negro	Rojo	Rojo	Azul
Diámetro del cable	5.8 mm ±0.15 mm	6.9 mm ±0.20 mm	6.9 mm ±0.20 mm	6.9 mm ±0.20 mm
Tensión nominal	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA
Radio de flexión mínimo	4 x diámetro	4 x diámetro	4 x diámetro	4 x diámetro
Rango de temperatura	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C
Resistencia al cortocircuito hasta	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)
Conductor	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino
Aislamiento	Radox negro	Radox negro	Radox negro	Radox negro
Peso *	6.6 kg	9.2 kg	9.2 kg	9.2 kg
Garantía	15 años	15 años	15 años	15 años
Normas	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086

Ilustración 42 : Características conductores Radox (2)

**BETAflam® Cables para energía solar**  
**125-flex SOLAR FRNC** libres de halógeno, resistente al fuego



#### Ventajas

- Reticulación por rayos Beta
- Resistente a UV y ozono
- Resistente a hidrólisis
- Resistente a altas temperaturas, los materiales no se funden
- Buen comportamiento al frío
- Ciclo de vida muy largo
- Compatible con todos los conectores

#### Dimensiones, Peso / Dimensions, Weight

Construcción Construction	Nº artículo Part no.	TUV	UL	Conductor Ø Conductor Ø	Exterior Ø Outer Ø	Peso Weight	Carga de combustión Fire load
n x mm <sup>2</sup>				mm	mm	kg/km	kWh/m
1 x 1,5	302840	■		1,55	4,85	38	0,103
1 x 1,5 (16 AWG)	300690	■	■	1,55	5,50	45	0,136
1 x 2,5	226111	■		2,05	5,50	52	0,128
1 x 2,5 (14 AWG)	226243	■	■	2,05	6,50	66	0,187
1 x 4	224803	■		2,55	6,05	69	0,150
1 x 4 (12 AWG)	224780	■	■	2,55	7,05	84	0,213
1 x 6	225577	■		3,10	6,95	96	0,189
1 x 6 (10 AWG)	226135	■	■	3,10	7,60	107	0,238
1 x 10	302191	■		4,10	8,30	147	0,250
1 x 10 (8 AWG)	302192	■	■	4,10	9,30	166	0,340

Ilustración 43 : Características conductores BETAflam 125-flex Solar.




1

2

Paisa Paisa:  
Caja conexión

**TOPSUN PV ZZ-F (AS) 0,6/1 kV**

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

 **-TENSIÓN NOMINAL**  
CA: 0,6/1 kV  
CC: 1,8 kV

 **-RESISTENCIA A TEMPERATURAS EXTREMAS**  
Ambiente: -40 °C (EN 60811-1-4) a +90 °C  
Máx. en el conductor: 120 °C (EN 60216-2)(\*)  
(\* ) 120 °C durante 20.000 horas  
90 °C durante 30 años

 **-RESISTENCIA A LA INTEMPERIE**  
Resistencia a los rayos ultravioletas (UV): HD 605/A1  
Resistencia al ozono: EN 60811-2-1  
Resistencia a la absorción de agua: EN 60811-1-3

 **-CABLES DE ALTA SEGURIDAD (AS)**  
Libre de halógenos: EN 50267-2-1  
No propagación de la llama: EN 60332-1-2  
No propagación del incendio: EN 50266-2-4  
Baja emisión de gases corrosivos: EN 50267-2-3  
Baja emisión de humos: EN 61034-2

**-RESISTENCIA MECÁNICA**  
Cables flexibles aptos para servicios móviles:  
Cobre estañado clase 5  
Resistencia a la abrasión: EN 50305  
Resistencia al desgarró: EN 60811

Ilustración 44 : Características conductores TOPSUN PV ZZ-F.

## **CARACTERÍSTICAS**

Conductor: flexible clase 5/6

Temperatura mínima de servicio móvil: -40°C

Temperatura máxima del conductor: 120°C

Temperatura máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)

Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior

Marcaje: metro a metro

No propagación de la llama

No propagación del incendio

Libre de halógenos

Baja emisión de humos: Transmitancia luminosa >60%.

Baja emisión de gases corrosivos

Resistencia a los impactos: AG2. Impacto medio

Instalación al aire libre: permanente

Respetuoso con el medio ambiente

Resistencia al agua: AD7 inmersión

Resistencia a los ataques químicos: excelente

Resistencia a las temperaturas ambientales extremas: excelente

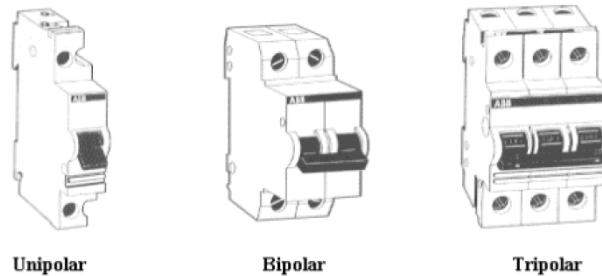
## **CONDICIONES DE INSTALACIÓN**

Instalaciones solares fotovoltaicas

Intemperie

## Elementos de protección de la instalación fotovoltaica

### *Interruptores Magnetotérmicos.*



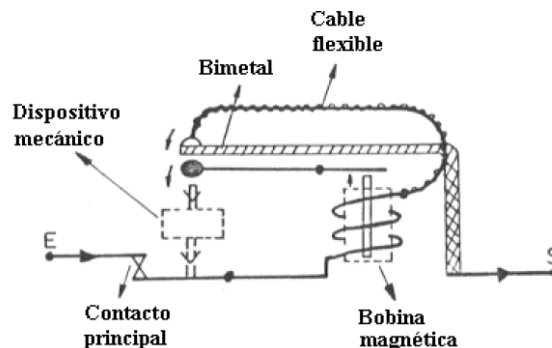
*Ilustración 45: Diferentes modelos de interruptores magnetotérmicos.*

Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

Mecánicamente, podemos decir que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión.

Para los magneto-térmicos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

### **Descripción de un magnetotérmico unipolar**



*Ilustración 46: Descripción de un interruptor magnetotérmico unipolar.*

Si comparamos los fusibles con los magneto-térmicos, veremos cómo estos últimos presentan una mayor seguridad y prestaciones ya que interrumpen circuitos con más rapidez y capacidad de ruptura que los fusibles normales. Después, a la hora de restablecer el circuito, no se precisa ningún material ni persona experta, basta presionar un botón o mover un resorte que se halla perfectamente aislado y visible.

Por contra, un fusible requiere el gasto de compra de un cartucho nuevo, su colocación en la base, sometida a tensión y una persona lo bastante capacitada para efectuar estas operaciones. Estas molestias ocasionadas por la fusión de un fusible, llevan en muchas ocasiones a colocar cartuchos inadecuados, por personas inexpertas, ignorando el peligro que esto puede ocasionar a las personas y aparatos que con él van asociados.

#### CRITERIOS DE DISEÑO EN SISTEMAS DOMICILIAR Y MINI PARQUE FOTOVOLTAICO.

Cada uno de los aspectos considerados en este documento ha sido recopilado con base a razonamientos científicos, evidencias empíricas y la experiencia de personas creadoras de sistemas de este tipo. Las normas aquí expuestas son consideradas como de carácter "universal", porque todas las normas existentes con anterioridad proveyeron información extremadamente útil para la realización de estos apartados

Además, junto a estas normas se utilizaron criterios de personas involucradas en programas de electrificación rural, para identificar sus preocupaciones y revelar sus puntos de vista sobre la utilidad y posibilidades de implementación de una norma "universal" para SHS<sup>23</sup>.

Cabe mencionar que se ha tratado de generar con estas normas y recomendaciones poseer flexibilidad en los sistemas, con el fin de permitir adaptarlos a las condiciones particulares de cada país (clima, fabricación local, mercado interno, capacidades locales, etc.), Con el fin de dar a conocer dichos parámetros se han clasificados en tres categorías diferentes: Obligatorios, Recomendados y Sugeridos.

---

<sup>23</sup> Denominación inglesa para Solar Home Systems

Requisitos obligatorios, en adelante señalados en el texto con el símbolo (C), son aquellos que pueden afectar directamente a la seguridad o a la confiabilidad. Su falta de cumplimiento puede acarrear daños personales o fallos del SHS, y por lo tanto constituyen un núcleo mínimo de requisitos que deben ser satisfechos en cualquier lugar del mundo y situación.

Requisitos recomendados (R) son aquellos que normalmente conducen a optimizar los sistemas. La mayoría son de aplicación universal y de su incumplimiento se derivan incrementos en los costes. Sin embargo, como las consideraciones económicas pueden depender de las condiciones locales, su aplicación debe ser analizada en cada caso particular.

Requisitos sugeridos (S) Son aquellos que contribuyen a la calidad y robustez de la instalación. Ahora bien, cualquier juicio sobre la bondad de una instalación es esencialmente subjetivo, por lo que los requisitos sugeridos aquí pueden estar influidos por la experiencia personal de los autores, y su aplicación debe ser analizada en cada caso.

### **Especificaciones de los sistemas, componentes y funcionamiento.**

Los sistemas fotovoltaicos generalmente responden a un esquema común que comprende los siguientes componentes:

Un generador fotovoltaico compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos, los cuales están interconectados para conformar una unidad generadora de corriente continua, CC.

- Una estructura de soporte mecánica para el generador fotovoltaico.
- Una batería de plomo-ácido o de otro tipo compuesta de varias celdas, cada uno de 2 V de voltaje nominal.
- Un regulador de carga para prevenir excesivas descargas o sobrecargas de la batería.

- Las cargas (lámparas, radio, etc.).
- El cableado (cables, interruptores y cajas de conexión).

Esta clasificación de componentes es útil a efectos de presentación, y puede ser también utilizada de un modo más general. Por ejemplo, el término batería puede usarse para referirse no solamente a la batería en sí misma, sino también para referirse al contenedor de la batería, los conectores, etc.

La mayoría de los sistemas fotovoltaicos actuales son de baja potencia (típicamente  $< 100$  Wp) y en ocasiones operan enteramente en CC, aunque en los últimos años estos sistemas proveen energía eléctrica en corriente alterna, CA, utilizando convertidores CC/CA, también llamados onduladores o inversores, pero razones de costo y confiabilidad normalmente tienden a restringir su uso a sistemas de mayor potencia ( $> 200$  Wp) y a aplicaciones especiales.

La calidad de un sistema fotovoltaico particular puede ser juzgada en términos de confiabilidad, comportamiento energético, seguridad, facilidad de uso y simplicidad de la instalación y mantenimiento. Además, en especial en grandes programas de electrificación rural, puede ser importante que los sistemas tengan la capacidad de operar con diferentes componentes (por ejemplo provenientes de distintos fabricantes) y diferentes tamaños. Cuando se evalúan sistemas, cada uno de estos criterios debe ser considerado y traducido en requisitos concretos.

En algunos casos, se pueden especificar dos requisitos alternativos para un mismo componente o sistema. Esto normalmente ocurre cuando se plantea una opción entre calidad técnica y costos, y la selección final debe ser hecha en función de las disponibilidades y restricciones locales. Por ejemplo, el tamaño de una batería para uso solar se expresa en términos de días de autonomía, y esta norma propone que obligatoriamente sea igual o mayor que 5, y recomienda preferiblemente que sea igual a 8 ( $\geq 5$  (C), 8 (R)).

Esto no es una contradicción, se trata simplemente de que la especificación obligatoria represente un mínimo absoluto, mientras que la especificación recomendada representa una solución más deseable pero también más costosa.

### *Confiabilidad*

La confiabilidad de un sistema fotovoltaico, en el sentido de ausencia de fallos, depende no solamente de la confiabilidad de sus componentes, sino también de otras características del sistema que pueden afectar directamente a la vida útil de las baterías y lámparas, tales como tamaño, umbrales de tensión del regulador de carga, calidad de la instalación, etc. Todos los componentes del sistema deben satisfacer requisitos similares de calidad y confiabilidad porque, si hubiera un único componente defectuoso en un sistema que en caso contrario se consideraría “perfecto”, ese componente limitaría la calidad del sistema como un todo.

### *Generador fotovoltaico.*

Se deben escoger módulos fotovoltaicos certificados de acuerdo con la norma internacional IEC-61215. Los módulos fotovoltaicos más usados en la actualidad se basan en el silicio monocristalino. Este material tiene una estructura atómica muy uniforme que facilita el flujo de los electrones, importante para lograr una buena eficacia, pero para obtenerlo primero hay que fundir silicio de alta pureza y después crecer de nuevo la estructura entorno a un único cristal. Este silicio monocristalino deberá después ser tratado y cortado convenientemente para ser transformado en una célula fotovoltaica, que además debe conectarse individualmente a muchas otras para formar un módulo (los paneles solares están formados por muchas células fotovoltaicas). Es, en conjunto, un proceso complicado y caro.

Algunos fabricantes incluyen sistemáticamente diodos de paso (bypass) en sus módulos fotovoltaicos, para protegerlos contra el fenómeno de “punto caliente”<sup>24</sup>. Sin embargo, debe señalarse que la probabilidad de que un módulo fotovoltaico sea

---

<sup>24</sup> Fenómeno que afecta a la instalación solar cuando un panel esta expuesto a la sombra, haciendo que este panel se convierta en una “carga” en el sistema disipando potencia en las celdas. asimismo también es llamada a la disipación de potencia que generan las células en ellas misma cuando se produce un cortocircuito en la instalación domiciliar.

dañado por efecto de “punto caliente” es prácticamente despreciable en los sistemas de CC que funcionen a menos de 24 V.

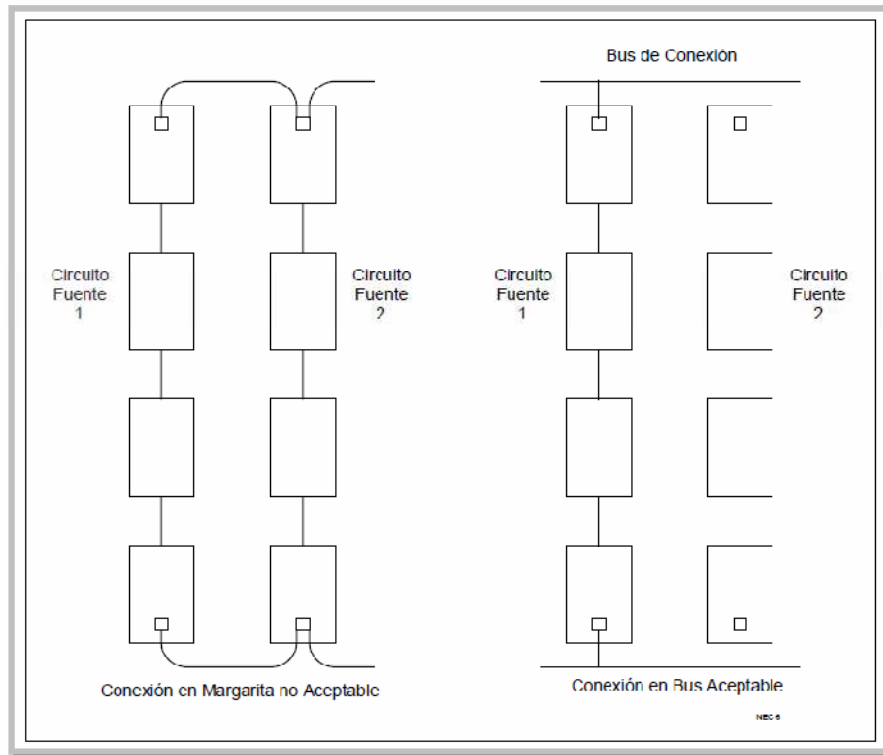


Ilustración 47: Método de interconexión de módulos fotovoltaicos.

### Estructura de soporte

- Las estructuras de soporte deben ser capaces de resistir, como mínimo, 10 años de exposición a la intemperie sin corrosión o fatiga apreciables. Requisito Obligatorio(C).
- Las estructuras de soporte deben soportar vientos de 120 km/h, como mínimo. (R).

Se pueden utilizar muchos materiales para las estructuras de soporte, entre ellos acero inoxidable, aluminio, hierro galvanizado con una capa protectora de 30  $\mu\text{m}$ , madera tratada, etc.

- En el caso de módulos fotovoltaicos con marco, su fijación a los soportes sólo puede realizarse mediante elementos (tornillos, tuercas, arandelas, etc.) de acero inoxidable. (C).

Es importante mencionar que la alternativa de módulos fotovoltaicos sin marco unidos a la estructura de soporte con un producto adhesivo adecuado, aunque todavía poco utilizada en el mercado de los SHS, está teniendo un comportamiento satisfactorio en otras aplicaciones generales y puede también ser aceptada.

- El ángulo de inclinación debe optimizar la captación de energía solar durante el peor mes, es decir el mes con la peor relación entre los valores diarios de la irradiación y el consumo, ambos en media mensual. Generalmente puede suponerse que la demanda de los usuarios es constante. (R).

El ángulo mínimo de inclinación de paneles es de  $10^\circ$ , el cual es suficiente para permitir el drenaje del agua de lluvia. Es útil señalar que pequeñas desviaciones acimutales ( $\pm 30^\circ$ ) y/o de inclinación ( $\pm 10^\circ$ ) tienen una influencia relativamente pequeña sobre la captación de radiación y, en consecuencia, sobre la producción del panel fotovoltaico.

La mayoría de los expertos se oponen a los sistemas con seguimiento manual, porque significan riesgo de daño de los módulos y riesgo de perder energía, por falta o mal ajuste de la orientación. Sin embargo, ha sido usado en algunos lugares con resultados positivos, no sólo en términos de ganancia de energía sino también en términos de participación de los usuarios.

Naturalmente, es necesaria una adecuada capacitación, y los dispositivos necesarios para permitir el movimiento y ajuste de los módulos también deben ajustarse a los requisitos especificados más arriba. Por lo tanto:

- Estructuras de soporte estáticas son generalmente preferibles a las de seguimiento (R),

- En caso de que se utilicen sistemas de seguimiento manual (2 a 3 posiciones por día moviéndose de este a oeste), todos sus componentes deberán satisfacer los requisitos especificados anteriormente para las estructuras de soporte (C),

### *Batería*

La característica de operación más importante de una batería en un sistema fotovoltaico es el ciclo de una batería. Durante un ciclo diario la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche. Sobrepuesto al ciclado diario hay un ciclo estacional, que está asociado a períodos de reducida disponibilidad de radiación. Estos ciclos, junto con otros parámetros operativos (temperatura ambiente, corriente, voltaje, etc.), afectan a la vida de la batería y a los requisitos de mantenimiento. Para maximizar la vida útil de las baterías de plomo-ácido, hay que evitar las siguientes condiciones operativas:

- Altos voltajes durante la carga (para prevenir la corrosión y la pérdida de agua).
- Bajos voltajes durante la descarga (corrosión)
- Descargas profundas (sulfatación, crecimiento de dendritas)
- Períodos extensos sin recargas totales (sulfatación)
- Temperaturas altas de la batería (todos los procesos de envejecimiento se aceleran)
- Estratificación del electrolito (sulfatación)
- Corrientes de carga muy bajas (sulfatación)

Estas reglas conducen a especificaciones para el dimensionamiento (tanto de la batería como del generador fotovoltaico) y para los procedimientos de protección de la batería (reguladores de carga). Sin embargo, hay que señalar que algunas de las

reglas están en contradicción con otras (por ejemplo, las cargas completas necesitan de altos voltajes pero los altos voltajes aceleran la corrosión), por lo que hay que buscar soluciones de compromiso que tengan en cuenta las condiciones locales: radiación solar, precios e impuestos de las baterías y los módulos fotovoltaicos, fabricación local, infraestructura de reciclado, etc. Quizás esto explica la falta de consenso que, sobre este aspecto, muestran las diferentes fuentes de información (normas, expertos, constructores etc.) involucrados en estos temas. En consecuencia, los requisitos indicados más adelante deberán adaptarse a las particulares circunstancias locales.

La necesidad de evitar descargas excesivas lleva a limitar la máxima profundidad de descarga hasta un cierto valor,  $PD_{MAX}$ , que generalmente está entre 0,3 y 0,6, pero que puede aproximarse a 0,8 según el tipo de batería.

Cuando se alcanza este límite, hay que interrumpir el suministro de energía a las cargas. La capacidad disponible,  $C_U$ , es, por lo tanto, menor que la capacidad nominal,  $C_B$ , que se refiere a la carga total que podría extraerse de la batería si no se impusiesen límites de ningún tipo. Típicamente, se puede obtener un buen compromiso entre costo y confiabilidad con una batería que tenga una capacidad útil que esté entre 3 (en lugares donde no se esperen períodos nublados prolongados) y 5 (en regiones donde sean probables períodos nublados prolongados) veces la demanda total diaria de energía de la vivienda.

De este modo, la profundidad de descarga en un ciclo diario,  $PD_d$ , estará entre 0,06 y 0,2. La selección de un valor de capacidad en particular depende principalmente del tipo de batería. Las “buenas” baterías son capaces de resistir ciclos más profundos que las “malas” baterías. Por lo tanto, para una misma aplicación, las “buenas” baterías pueden ser más pequeñas que las “malas” baterías, en términos de capacidad nominal.

Las baterías de mejor calidad para uso fotovoltaico son de gel y están hechas con placas tubulares en algunos casos y poseen rejillas con bajo contenido de Sb-Se. Con estas baterías se pueden alcanzar vidas útiles superiores a 8 años, con  $PD_d=0,2$

y frecuencias de mantenimiento entre 1 y 2 veces al año. Una desventaja particular de las baterías tubulares en sistemas fotovoltaicos es que no aceptan fácilmente regímenes de carga muy bajos, además, son caras y están poco disponibles en los mercados actuales de los países en desarrollo. Sin embargo, no deberían ser excluidas de los programas fotovoltaicos.

Por el contrario, es recomendable que los programas de electrificación rural a gran escala consideren la posibilidad de alentar a los fabricantes para que pongan estos productos en el mercado local.

En contraste, las baterías para automóviles, usualmente referidas como SLI<sup>25</sup>, tienen algunas ventajas. Son las baterías más baratas cuando se las compara en términos de capacidad nominal (la diferencia de precio puede llegar a 4 ó 5 veces), son frecuentemente producidas localmente y están ampliamente disponibles en todos los mercados.

La producción local no sólo es conveniente por razones económicas y sociales, sino también porque representa la mejor posibilidad para el reciclado de las baterías usadas y, en consecuencia, para evitar problemas ambientales. El principal inconveniente es su relativa corta vida. Debido a que el diseño de las celdas se optimiza para entregar altas corrientes durante períodos cortos de tiempo, tienen grandes áreas y placas delgadas, y están poco adaptados para suministrar corrientes bajas durante largos períodos de tiempo antes de recargarlos de nuevo, como se requiere en los sistemas fotovoltaicos.

Por lo tanto, es necesario utilizar baterías de capacidad más grande,  $PD_d \leq 0,1$ , y densidad del electrolito menor a la que se utilizaría normalmente (por ejemplo, 1,24 en lugar de 1,28 g/cl), esto es necesario para reducir la corrosión y prolongar así la vida de las baterías.

El aumento de resistencia interna de la batería, asociado a estas prácticas, no representa problema alguno en los sistemas fotovoltaicos, porque los regímenes de

---

<sup>25</sup> *Corresponde a las iniciales de las palabras inglesas Starting, Lighting, Ignition.*

carga y descarga son relativamente bajos en comparación con los regímenes convencionales. Las baterías SLI clásicas utilizan aleaciones de plomo y antimonio en las rejillas, y exigen ser frecuentemente rellenadas con agua destilada.

La menor vida útil de las baterías para automóviles puede compensarse, hasta cierto punto, introduciendo modificaciones relativamente simples que afectan al diseño de la batería pero no a su tecnología.

Las modificaciones más comunes son: placas más gruesas y mayor cantidad de electrolito en el espacio por encima de las placas. Estas baterías SLI modificadas se comercializan a veces como baterías “solares” y representan una alternativa interesante para el futuro de los sistemas.

Siempre que sea posible, deben seleccionarse baterías SLI modificadas (y los fabricantes locales deben ser alentados a que las produzcan) en lugar de baterías SLI convencionales.

Para que una batería pueda ser apropiadamente considerada como "SLI modificada", debe cumplir las siguientes condiciones:

- El espesor de cada rejilla debe exceder los 2mm. (C)
- La cantidad de electrolito debe exceder 1,15 l por vaso y por cada 100 Ah de capacidad nominal en 20-horas. (C)
- Los separadores deben ser de polietileno microporoso. (R)
- La densidad del electrolito no debe exceder 1,25 g/cl. (S)

Las baterías SLI de “bajo mantenimiento”, a veces comercializadas bajo el lema de “baterías libres de mantenimiento”, a menudo utilizan aleaciones de plomo y calcio en las rejillas, el calcio aumenta el voltaje al que comienza a producirse el gaseo, pero reduce la cohesión del material activo de las placas. En consecuencia, el calcio reduce el consumo de agua, pero también reduce la resistencia al ciclado de la batería. Estas baterías son particularmente vulnerables a los daños por descargas

profundas. Además están sujetas a deterioro por grandes variaciones de temperatura.

Por esta razón, muchos diseñadores de sistemas fotovoltaicos recomiendan fuertemente no utilizarlas en aplicaciones fotovoltaicas en países cálidos. Sin embargo, la característica “libre de mantenimiento” resulta muy atractiva para algunos, y estas baterías se han utilizado extensamente en algunos países, como por ejemplo nuestro país.

También se producen otro tipo de baterías “sin-mantenimiento” para aplicaciones profesionales utilizando electrolito gelificado. Estas baterías, referidas como VRLA (Valve Regulated Lead Acid), son más resistentes a descargas profundas, pero son generalmente muy caras para su uso en sistemas fotovoltaicos, y además su reciclado requiere de instalaciones específicas. Por estas razones, aún cuando puedan constituir una opción tecnológica válida en algunos casos, su uso se limita a su precio en el mercado, y lo mismo es aplicable a las baterías de NiCd.

A la hora de especificar las baterías, la solución más práctica consiste en confiar en normas ya existentes y bien establecidas para usos convencionales. Esto significa utilizar valores de capacidad correspondientes a una descarga en 20 horas, y número de ciclos correspondientes a una profundidad de descarga del 50%.

Entonces, y una vez confirmado que la producción de energía excederá la demanda durante el peor mes, (según los estudios solares) el dimensionado de la batería deberá regirse por las siguientes reglas:

- La capacidad nominal de la batería en 20-horas expresada en Ah (medida a 20 °C y hasta que el voltaje de una celda llegue a 1,8 V/celda) no debe exceder  $CR^{26}$  veces la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico (medida en las denominadas condiciones estándar: irradiancia igual a 1000 W/m<sup>2</sup> y temperatura de célula igual a 25° C). En la tabla siguiente se dan los valores de CR propuestos para cada tipo de batería.

---

<sup>26</sup> *Relación entre la capacidad nominal de la batería,  $C_B$ , y la corriente de cortocircuito del generador.*

Tipo de Batería	CR	
	Obligatorio	Recomendado
<b>Tubular (gel)</b>	20	15
<b>SLI:</b>		
<b>Clásica</b>	40	30
<b>Modificada</b>	40	35
<b>Bajo-mantenimiento</b>	40	30

Tabla 46: Valores de CR para diferentes tipos de baterías.

- La máxima profundidad de descarga,  $PD_{MAX}$ , (referida a la capacidad nominal de la batería en 20-horas) no debe exceder los valores propuestos en la siguiente tabla:

Tipo de Batería	$PD_{MAX}$ (%)	
	Obligatorio	Recomendado
<b>Tubular (gel)</b>	80	70
<b>SLI:</b>		
<b>Clásica</b>	50	30
<b>Modificada</b>	60	40
<b>Bajo-mantenimiento</b>	30	20

Tabla 47:  $Pd_{max}$  para diferentes tipos de baterías.

- La capacidad útil de la batería,  $C_U$ , (la capacidad nominal en 20 horas, como se definió anteriormente, multiplicada por la máxima profundidad de descarga) deberá permitir entre tres y cinco días de autonomía (R)

El valor de CR debe ser lo suficientemente bajo para asegurar que los módulos fotovoltaicos son capaces de recargar adecuadamente la batería. Los valores propuestos de CR dependen del tipo de batería, como se muestra en la tabla 29, y buscan evitar corrientes de carga que resulten excesivamente bajas para el tipo de batería considerado. La capacidad útil de la batería,  $C_U$ , debe también tomar en

cuenta las condiciones meteorológicas locales. Obviamente cuanto más grande sea la cantidad de días nublados esperados, más grande deberá ser el valor de  $C_U$ .

Finalmente, en lo que respecta a la resistencia de la batería a las condiciones de operación, se proponen las siguientes especificaciones:

- La vida de la batería (es decir, antes de que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal) a 20°C, debe exceder un cierto número de ciclos (NOC), cuando se descarga hasta una profundidad del 50%. En la Tabla siguiente se dan los valores de NOC para cada tipo de batería. (R)

Tipo de Batería	NOC
<b>Tubular(gel)</b>	600
<b>SLI</b>	
<b>Clásica</b>	200
<b>Modificada</b>	200
<b>Bajo-mantenimiento</b>	300

Tabla 48: Numero de ciclos de diferentes tipos de baterías.

- La auto descarga de las baterías a 25°C, no debe exceder el 6% de su capacidad nominal por mes. (C)

#### *Regulador de carga*

La función primordial del regulador de carga es proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las sobre descargas. Además, se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación, y para proporcionar información al usuario, idealmente la regulación de carga debería atender directamente al estado de carga de la batería, y en la actualidad hay sofisticados reguladores de carga en el mercado que funcionan bajo este principio.

Sin embargo, son aún muy complejos y caros, por lo que su uso es difícil de justificar en sistema fotovoltaico. En por ello que estas normas sólo consideran reguladores de carga que atiendan al voltaje de la batería.

Típicamente el costo del regulador de carga representa sólo el 5 % o menos de la inversión inicial en un sistema fotovoltaico, pero su impacto sobre el costo a largo plazo de un proyecto es mucho más grande que ese porcentaje, porque las baterías pueden ser el componente mayor del coste total a lo largo de la vida útil del sistema, y la vida de la batería está directamente ligada a la calidad del regulador de carga. Por esta razón deben usarse reguladores de carga de buena calidad, los cuales deberían estar diseñados para una vida útil de por lo menos 10 años.

Con el fin de proteger las baterías contra descargas excesivas, el suministro de electricidad a las cargas debe interrumpirse cuando el voltaje de la batería cae por debajo de un cierto umbral, llamado “voltaje de desconexión de carga”. Y no debe reanudarse hasta que el voltaje de la batería no haya superado otro umbral más alto, llamado “voltaje de reconexión de carga”. Las normas existentes son bastante inconsistentes en lo que respecta a los valores concretos de estos umbrales, pero esto no es sorprendente, porque el comportamiento eléctrico de las baterías no sólo depende del diseño particular de cada batería y del proceso de fabricación, sino también de la edad de la misma.

En la práctica, la selección del voltaje de desconexión debe buscar una solución de compromiso entre un usuario satisfecho (valores bajos de desconexión que maximizan la disponibilidad de energía) y la protección de la batería y otros componentes del SHS (valores altos de desconexión que alejan el riesgo de sobrecarga). En el mercado de reguladores existe una amplia variedad de combinaciones de sistemas de alarma y protección contra descargas profundas

Teniendo en cuenta que los reguladores son partes primordiales para la seguridad del sistema, se proponen las siguientes especificaciones:

- Debe haber protección contra descargas profundas. (C)

- El “voltaje de desconexión de carga” debe corresponder al valor máximo de la profundidad de descarga, precisamente para una corriente de descarga, expresada en amperios, igual al consumo diario, expresado en amperios-hora, dividido por 5. (C)
  - El “voltaje de reconexión de carga” debe ser 0,08 V/celda (ó 0,5 V para 12 V) superior al voltaje de “desconexión de carga”. (R)
  - La inhibición manual de la protección contra descargas profundas no está permitida. (S)
  - Deben incluirse elementos de señalización y alarma previos a la desconexión. (R)
  - El “voltaje de alarma” (estado de carga bajo) debe ser 0.2V (para sistemas de 12V) superior a la tensión de desconexión del consumo. (R)<sup>27</sup>
  - Los voltajes de desconexión, reconexión y alarma deben tener una precisión de +/-1% +/-20 mV/celda, o +/-120 mV/batería de 12 V) y permanecer constantes en todo el rango de posible variación de la temperatura ambiente.
- (C)**

Para proteger las baterías contra sobrecargas, debe limitarse la corriente de carga cuando el voltaje alcanza un cierto umbral, llamado “voltaje de fin de carga”, y no debe restablecerse hasta que el voltaje caiga por debajo de otro umbral, denominado “voltaje de reposición”.

Básicamente hay dos clases de reguladores de carga, y la diferencia principal es la posición del dispositivo de corte empleado para implantar esta protección. Los reguladores "serie" interrumpen la conexión entre el generador solar y la batería,

---

<sup>27</sup> El voltaje de alarma debe darse 30 minutos antes que se produzca el estado de bajo carga, asumiendo que todas las cargas están conectadas.

mientras que los reguladores "paralelo" o "shunt" cortocircuitan al generador solar. Además, hay dos tipos básicos de estrategias de control.

En los controladores "on-off" se interrumpe totalmente la corriente de carga cuando se alcanza el "voltaje de fin de carga". Mientras que en los controladores con "modulación del ancho de pulso", o PWM, se recurre a reducir gradualmente la corriente de carga cuando se alcanza el "voltaje de fin de carga", manteniendo así el voltaje constante, y precisamente igual a este valor. Ambos tipos de reguladores y de estrategias de control son adecuadas para sistemas fotovoltaicos.

En la práctica la selección de los voltajes de fin de carga y reposición debe buscar una solución de compromiso entre asegurar la carga completa de la batería (voltajes altos) y evitar la corrosión de las rejillas y el excesivo consumo de agua (voltajes bajos).

Para elegir correctamente el regulador a utilizar, deben tomarse en cuenta los parámetros siguientes:

- El "voltaje de fin de carga" debe corresponder a un factor de recarga entre 0,95 y 1, cuando la carga se realiza precisamente a una corriente constante igual a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico, en condiciones estándar de medida. (R)
- El "voltaje de fin de carga" debe estar en el rango de 2,3 a 2,4 V/celda, a 25°C. (C)
- En los controladores "on-off", el voltaje de reposición debe estar en el rango de 2,15 a 2,2 V/celda, a 25°C. (C)
- En el caso de reguladores PWM, el voltaje de "fin de carga" debe
- estar en el rango de 2,3 a 2,35V/celda, a 25°. (C)
- El "voltaje de fin de carga" y el "voltaje de reposición" deben tener *una precisión del 1%, +/-20mV/celda, o +/-120mV para 12 V batería*. (C)

Las caídas excesivas de voltaje (en el regulador de carga, cables, interruptores, fusibles, etc.) tienen consecuencias negativas en el comportamiento de muchos sistemas causando con frecuencia una disminución de la capacidad efectiva de carga del generador fotovoltaico.

Debido a que típicamente los reguladores de carga miden el voltaje de la batería en los correspondientes terminales del propio regulador, tales caídas de tensión pueden reducir el voltaje de carga de la batería, y afectar con ello a su correcto funcionamiento. Caídas de tensión tan pequeñas como 30 mV/vaso pueden tener efectos significativos sobre la estimación del estado de carga de la batería y, en último extremo, sobre su tiempo de vida<sup>11</sup>. Análogamente, cualquier caída excesiva de tensión en el circuito de consumo reduce el voltaje disponible en las cargas y puede afectar negativamente a su funcionamiento. Por lo tanto, es necesario limitar las caídas de voltaje tanto en el cableado como en el propio regulador. Para ello:

- Todos los terminales del regulador deben poder acomodar fácilmente cables de, al menos, 4 mm<sup>2</sup> de sección. (C)
- Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del generador, deben ser inferiores al 4 % de la tensión nominal (≈0,5 V para 12 V), en las peores condiciones de operación, es decir, con todas las cargas apagadas y con la máxima corriente procedente del generador fotovoltaico. (C)
- Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del consumo, deben ser inferiores al 4 % del voltaje nominal. (≈0,5 V para 12 V) en las peores condiciones de operación, es decir, con todas las cargas encendidas y sin corriente alguna procedente del generador fotovoltaico. (C)
- El regulador de carga puede incluir una línea independiente para el sensor de tensión de batería. (S)

- Las sobrecargas controladas deben efectuarse a un voltaje constante de 2,5 V/vaso. Las sobrecargas deben efectuarse después de cada descarga profunda y/o a cada intervalo de 14 días. La sobrecarga debe durar entre 1 y 5 horas. (S)
- Debe ser posible la interrupción manual de la sobrecarga. (S)
- Se debe evitar la sobrecarga de las baterías SLI de “bajo mantenimiento”. (C)

La protección contra corriente inversa es muy fácil de implementar tanto en reguladores “paralelo” (que ya de por sí incluyen un diodo de bloqueo para evitar la descarga de la batería a través del dispositivo de corte) como en reguladores “serie” (utilizando alguna lógica sencilla y de barata implantación). Por lo tanto:

- Deben proveerse protecciones contra corrientes inversas (C)

En los sistemas fotovoltaicos pueden ocurrir situaciones anómalas. La situación potencialmente más peligrosa, tanto para el regulador de carga como para las cargas, es la operación sin baterías (lo que puede ocurrir cuando se realiza el mantenimiento de la batería o cuando se funde un fusible de protección de la misma). En caso de no haber una protección específica, el generador fotovoltaico pasará a gobernar el voltaje del circuito, que puede llegar a ser lo suficientemente alto como para destruir dispositivos electrónicos. Para evitar este problema:

El regulador de carga debe ser capaz de resistir cualquier situación posible de operación “sin batería”, cuando el generador fotovoltaico opera en condiciones estándar de medida, y con cualquier condición de carga permitida. (C)

El regulador de carga debe también proteger a las cargas en cualquier situación posible de operación “sin batería”, como fue definida anteriormente, limitando el voltaje de salida a un máximo de 1,3 veces el valor nominal. (También se permite la total interrupción de la alimentación a las cargas). (C)

Para proteger adecuadamente la batería el regulador de carga en sí mismo debe ser altamente confiable, y estar bien protegido contra posibles daños.

Por consiguiente, el regulador de carga debe ser capaz de manejar con comodidad tanto la máxima corriente del generador fotovoltaico como la máxima corriente hacia las cargas.

El regulador de carga debe resistir sin daño la condición de operación a temperatura ambiente 45°C, corriente de carga 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en las condiciones estándar de medida, y corriente de descarga 25% superior a la correspondiente a todas las cargas encendidas y al voltaje nominal de operación. (C)

Los circuitos también necesitan protección contra posibles daños provocados por impactos mecánicos y por condiciones ambientales adversas (humedad, polvo, insectos, etc.). Al mismo tiempo, debe permitirse la ventilación de los componentes del regulador, para asegurar esto:

- Las cajas de los reguladores de carga deben como mínimo proveer protección IP 32<sup>28</sup>, según las normas IEC 529 o DIN 40050. (C)(interiores)
- Las cajas de los reguladores de carga deben proveer protección IP 54, de acuerdo con IEC 529 o DIN 40050. (exteriores)

Además:

- El regulador de carga debe estar protegido contra polaridad inversa tanto en la línea del generador como en la de la batería. Pueden utilizarse combinaciones diodos-fusibles u otra solución. (R)

---

<sup>28</sup> El primer dígito de la referencia IP indica el grado de protección contra la entrada de cuerpos sólidos extraños, y el "3" indica protección contra objetos sólidos (herramientas, alambres, etc.) de un grosor superior a 2,5 mm. El segundo indica el grado de protección contra la entrada de agua, y el "2" significa que no debe haber efectos dañinos sobre los equipos cuando se inclina la caja un ángulo de hasta 15° respecto a su posición normal, y el agua cae verticalmente sobre ella.

Los generadores fotovoltaicos típicamente conllevan la existencia de lazos conductivos largos (espiras), por lo que son necesarias protecciones contra las sobretensiones inducidas por rayos:

- El regulador de carga debe estar protegido contra sobretensiones por medio de un supresor de sobre voltajes de 1000 W o mayor, instalado entre ambos polos (+ y -) de la entrada correspondiente al generador fotovoltaico. (R).
- El regulador de carga debe estar protegido contra sobretensiones por medio de un supresor de sobre voltajes de 1000 W o mayor, instalado entre ambos polos (+ y -) de la salida correspondiente a las cargas. (R)

### *Cableado*

Voltajes relativamente bajos y corrientes relativamente altas son característicos en los sistemas fotovoltaicos. Por lo tanto, incluso pequeñas caídas de tensión tienden a ser importantes y pueden producir efectos negativos sobre:

- ✓ La corriente entregada por el generador fotovoltaico (un aumento de la tensión de operación hace que el punto de operación se mueva hacia la región de baja corriente de la curva I-V del generador fotovoltaico).
- ✓ La regulación de la carga de la batería (debido a las diferencias entre los voltajes reales de la batería y los valores del voltaje en los terminales del regulador de carga).
- ✓ La vida útil de las lámparas fluorescentes (bajo voltaje de operación).

En consecuencia, hay que prestar especial atención a minimizar las pérdidas de voltaje, cuidando los aspectos del cableado. Para ello, se proponen los siguientes requisitos:

- Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean inferiores al 3% entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga, inferiores al 1% entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al

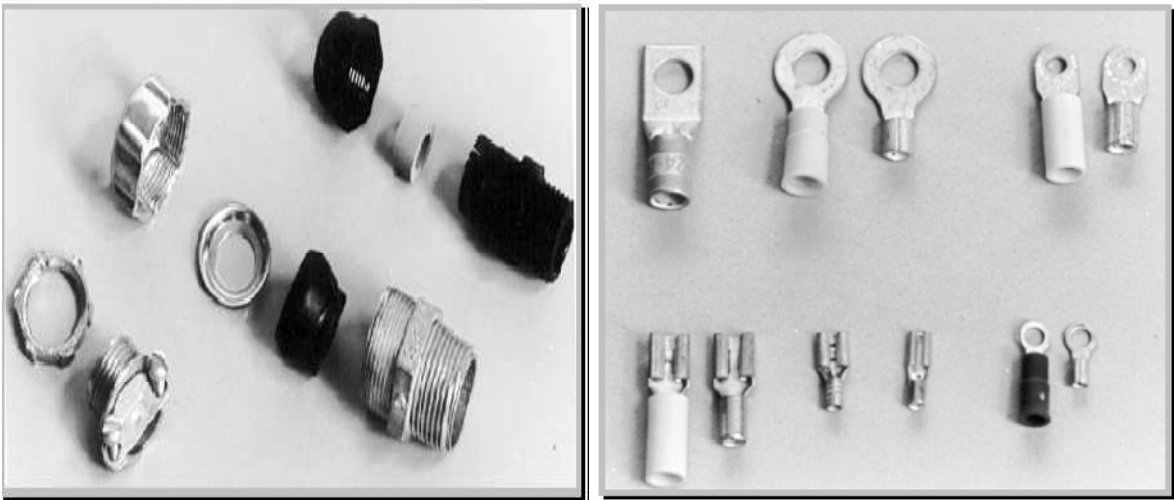
5% entre el regulador de carga y las cargas. Todos estos valores corresponden a la condición de máxima corriente. (R)

Debe hacerse notar que las caídas de tensión reguladas por esta especificación son aquellas exclusivamente asociadas al cableado (cables y terminales). Deben ser interpretadas como adicionales a las caídas de tensión en el regulador de carga

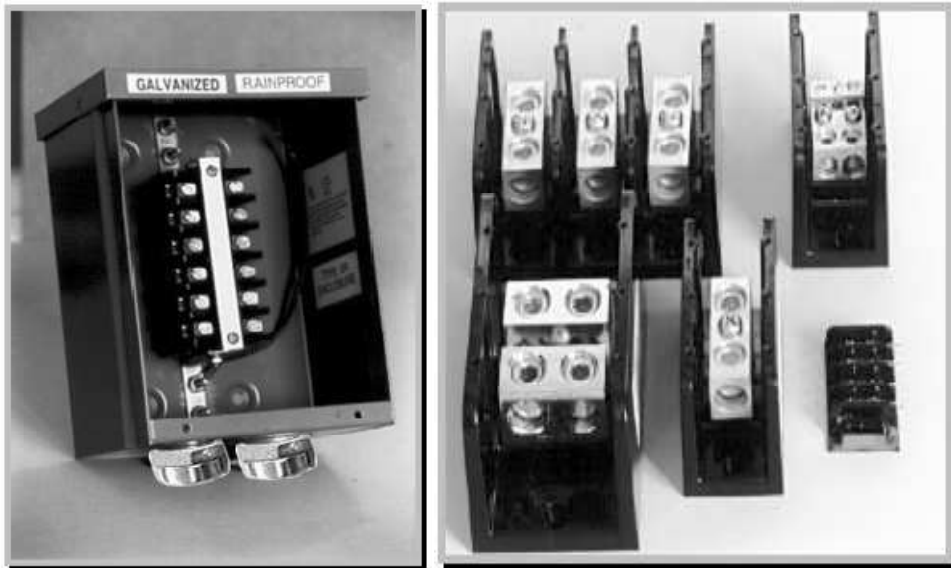
Las mínimas secciones de los cables en cada una de las líneas serán las siguientes:  
(C)

- ✓ Del generador fotovoltaico al regulador de carga: 2,5 mm<sup>2</sup>
- ✓ Del regulador de carga a las baterías: 4 mm<sup>2</sup>
- Los cables externos deberán ser aptos para operar a la intemperie según la norma internacional IEC 60811 o la norma nacional para cables que sea relevante en el país. (C)
- Todos los terminales de los cables deben permitir una conexión segura y mecánicamente fuerte. Deben tener una resistencia interna pequeña, que no permita caídas de tensión superiores al 0,5 % del voltaje nominal. Esta condición es aplicable a cada terminal en las condiciones de máxima corriente. (C)
- Los terminales de los cables no deben favorecer la corrosión que se produce cuando hay contacto entre dos metales distintos. (C)
- Los extremos de los cables de sección  $\geq 4 \text{ mm}^2$  deben estar dotados con terminales específicos y de cobre. Los extremos de los cables de sección  $\leq 2,5 \text{ mm}^2$  podrán retorcerse y estañarse para lograr una conexión adecuada. (C)
- Todos los cables deben respetar un código de colores y/o estar debidamente etiquetados. (R)

- Los fusibles deben elegirse de modo tal que la máxima corriente de operación esté en el rango del 50 al 80% de la capacidad nominal del fusible. (C)
- Los fusibles deben instalarse preferentemente en las líneas de polaridad positiva. (R)
- Los interruptores deben ser especialmente aptos para CC. (R)
- Si se permite el uso de interruptores para CA, la corriente nominal en CA debe exceder como mínimo en 200% la corriente máxima a ser interrumpida en CC. (R)
- Las uniones de los cables en borneras deben estar resguardadas en un caja que cumpla con las normas de intemperie del país en el cual se construye el proyecto.(R)



*Ilustración 48: Terminales de módulos fotovoltaicos y terminales para interconexión de cables.*



*Ilustración 49: Caja y borneras recomendadas para la unión de cables en instalaciones fotovoltaicas.*

#### *Seguridad.*

En lo que concierne a seguridad, los sistemas fotovoltaicos tienen la ventaja de la baja tensión (típicamente 12 V) y la desventaja de la presencia de baterías, las cuales tienen corrientes de cortocircuito muy altas, contienen ácido sulfúrico, y liberan gases inflamables. Para evitar los riesgos asociados, interesa cumplir los siguientes requisitos:

- Tanto la batería como el regulador de carga deben estar protegidos contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito por medio de fusibles, diodos, etc. Las protecciones deben afectar tanto a la línea del generador fotovoltaico como a la línea de las cargas. (C)

Las protecciones contra sobre corrientes o cortocircuitos pueden realizarse fácilmente de varias maneras (fusibles, diodos, etc.) y pueden estar o no incluidas dentro de la caja del regulador. En cualquiera de los casos, tales protecciones deben ser consideradas como parte del regulador de carga y, en consecuencia, cumplir con los requisitos relativos a caídas de tensión.

Pueden ocurrir accidentes con la batería si ésta, o su contenedor, se vuelca, o si accidentalmente se cortocircuitan sus terminales, por ejemplo, mediante un

destornillador u otra herramienta. Por ello, la ubicación y montaje de baterías debe respetar lo siguiente:

- La batería debe estar ubicada en un espacio bien ventilado y con acceso restringido. (C)
- Deben tomarse precauciones para evitar el cortocircuito accidental de los terminales de la batería. (C)

Ubicar el regulador de carga en el alojamiento de la batería puede hacer difícil para los usuarios la observación de los indicadores de aquel. Sin embargo, este inconveniente se puede resolver construyendo el alojamiento exterior de la batería contra una pared de la casa. Esta disposición permite instalar el regulador de carga en el interior de la casa manteniéndolo muy cerca de la batería, con el simple recurso de hacer que los cables atraviesen la pared.

La instalación de un sistema pararrayos completo esta lejos de ser aceptable desde el punto de vista económico. Se ha calculado que donde las tormentas eléctricas son frecuentes, las pérdidas anuales de módulos fotovoltaicos y reguladores debido a los rayos es de aproximadamente 0,2%, mientras que el costo de un tal sistema de protección representaría un incremento de costos de los sistemas fotovoltaicos de alrededor del 34%. Además, existen otras posibilidades mucho más baratas de protección, por lo tanto:

- En regiones con tormentas eléctricas frecuentes se debe instalar algún medio de aislar manualmente los polos positivo y negativo del lado del generador fotovoltaico. De este modo se puede aislar el generador fotovoltaico cuando hay riesgo de descargas eléctricas atmosféricas. (S)

#### *Demanda energética.*

Hay una gran cantidad de escenarios de consumo que, aun comenzando con hipótesis muy distintas en lo concerniente a la cantidad de artefactos que componen la carga y el tiempo que son utilizados, conducen mayoritariamente a sistemas en el

rango de 40 a 50 Wp. Esto se debe a que los proyectistas fotovoltaicos saben que los sistemas de esos tamaños son bien aceptados por los usuarios, y los mencionados escenarios deben ser por lo tanto interpretados más como ejercicios explicativos de este hecho que como diseños de sistemas basados en la evaluación de las necesidades reales.

La estandarización de las necesidades energéticas (es decir, el establecimiento de un valor único para el consumo energético de un gran número de familias) es una necesidad impuesta por la tecnología en sí misma, porque conduce a la estandarización de los sistemas correspondientes, que es un medio de reducir costes y garantizar la calidad técnica. Sin embargo, puede no corresponder muy bien con las necesidades de los usuarios individuales.

De todos modos, la definición de un “estándar” concreto de consumo de energía, en términos de Wh/día, es un paso inevitable en cualquier proyecto de electrificación rural fotovoltaico, no sólo para satisfacer las necesidades energéticas de los usuarios, sino también para establecer una referencia técnica para ensayos, para comparación de las diferentes propuestas, para las garantías, etc. El enfoque recién mencionado de seleccionar sistemas fotovoltaicos en el rango de 40 – 50 Wp, es equivalente a especificar que:

- El valor de diseño del consumo energético diario debe estar comprendido en el rango de 120 a 160 Wh/día. (R)

La selección de un valor único dentro de este rango tiene consecuencias. Cuanto más grande sea el valor elegido más caros serán los sistemas fotovoltaicos, pero también será mayor el servicio ofrecido a los usuarios y, por consiguiente, las posibilidades de éxito.

Es importante notar que este rango no debe interpretarse como un límite superior a las posibilidades de dichos sistemas, sino más bien como una indicación de los tamaños típicos de los pequeños sistemas que pueden proveer servicios básicos a viviendas que sólo disponen de iluminación, radio y televisión blanco y negro. Otros

servicios adicionales como ventiladores, refrigeradores, video, etc. también pueden ser alimentados con estos sistemas siempre que exista el financiamiento adecuado para pagar generadores fotovoltaicos y baterías más grandes. Entonces habrá que determinar los escenarios específicos de consumo energético para cada caso particular.

### *Fiabilidad y tamaño*

El tamaño de un sistema fotovoltaico es un concepto general que abarca las dimensiones del generador fotovoltaico y de la batería, y es útil definir estas dimensiones con relación a la carga. En términos diarios, la capacidad del generador,  $C_A$ , se define como la relación entre la producción media de energía del generador fotovoltaico y la energía media demandada por la carga  $L$ . La capacidad del acumulador,  $C_S$ , se define como la máxima energía que puede extraerse de la batería dividida por la energía media demandada por la carga.

La meta al diseñar un sistema fotovoltaico es encontrar la mejor solución de compromiso entre costo y fiabilidad. Una primera posibilidad para el dimensionamiento es confiar en suposiciones, cálculos rápidos y a veces en el tanteo, en cuyo caso no se establecen relaciones cuantitativas entre  $C_A$ ,  $C_S$  y la posibilidad de una pérdida de carga. Las dimensiones del generador y la batería se obtienen a partir de reglas simples basadas en experiencias previas. Reglas ampliamente usadas son:

- El tamaño del generador fotovoltaico debe asegurar que la energía producida durante el peor mes pueda, como mínimo, igualar a la demandada por la carga. (R)
- La capacidad útil de la batería (capacidad nominal multiplicada por la máxima profundidad de descarga) debe permitir entre 2 y 5 días de autonomía. (R)

### *Eficiencia energética*

Un sistema fotovoltaico ideal, operando con sus módulos a 25°C durante todo el día, tendría un PR<sup>29</sup> igual a 100%. Las razones por las cuales los valores reales son más bajos (típicamente alrededor de 60%) que ese valor son:

- ✓ Pérdidas en el generador fotovoltaico (sombras, temperaturas de célula mayores que 25°C, elementos desparejos, pérdidas en cables, voltaje de operación distinto al correspondiente al punto de máxima potencia)
- ✓ Pérdidas en el resto del sistema (regulador de carga, baterías y cables)
- ✓ Poco uso de la energía disponible

Las pérdidas en el generador fotovoltaico pueden minimizarse mediante una instalación cuidadosa (ventilación de los módulos y secciones de cable adecuadas) y utilizando módulos fotovoltaicos cuyas características eléctricas estén bien adaptadas a la tarea de cargar baterías en el clima de que se trate.

Las pérdidas del sistema pueden minimizarse utilizando reguladores de bajo consumo y baterías de buena calidad. Se proponen por lo tanto los siguientes requisitos:

- El generador fotovoltaico debe estar totalmente libre de sombras durante por lo menos 8 horas diarias, centradas al mediodía, y a lo largo de todo el año. (C)
- El consumo energético parásito diario del regulador de carga en condiciones normales de operación (es decir, generador fotovoltaico y cargas conectadas y pulsador (si existe) no presionado, no debe exceder del 3% del consumo diario previsto en el diseño. (C)

---

<sup>29</sup> El rendimiento global del sistema (*Performance Ratio*) PR

Este requisito para la corriente parásita del regulador es generalmente aceptable, sin embargo la tecnología actual permite aún menores consumos del regulador de carga, por lo que también es posible considerar:

- El consumo energético parásito diario del regulador de carga en condiciones normales de operación (es decir, generador fotovoltaico y cargas conectadas y pulsador (si existe) no presionado, no debe exceder del 1% del consumo diario previsto en el diseño. (R)

#### *Facilidad de uso*

Los sistemas fotovoltaicos son bastante simples. Generalmente los usuarios no tienen dificultades significativas para aprender el modo correcto de utilizarlos, una vez que comprenden adecuadamente las limitaciones a la disponibilidad de energía. La información que se muestra en el regulador de carga puede ayudar a esta comprensión.

Los reguladores que muestran información sobre los parámetros eléctricos (corriente de carga, tensión de batería, etc.) han sido extensamente utilizados en el pasado y son hoy en día más utilizados por sus diversos tipos y capacidades.

Cuando el abastecimiento se interrumpe, lo más importante para el usuario es saber si ha sido debido a fallos del equipo o al agotamiento de la reserva de energía. Además, y con el fin de que el usuario pueda de antemano adoptar procedimientos de ahorro, también es útil indicar el riesgo de desconexión por baja disponibilidad de energía. Con esta finalidad, el regulador de carga puede incorporar una señalización de dos o tres niveles que muestre el estado de carga de la batería. Se propone que se adopte el siguiente enfoque:

- Cuando las cargas puedan ser utilizadas sin restricciones, porque el estado de carga de la batería es suficientemente elevado, se indicará con una señal de color verde. (C)

- Cuando las cargas hayan sido desconectadas de la batería, porque el estado de carga es excesivamente bajo, se indicará con una señal de color rojo. (C)
- La situación de riesgo de que se interrumpa el suministro de electricidad a las cargas, porque el estado de carga de la batería ha descendido hasta el nivel de alarma, se indicará con una señal de color amarillo. (R)
- Se permite la activación manual de las señales de estado de carga. (S)

Cuando el regulador este en un lugar de uso restringido, es difícil observar los indicadores y se hace complicada la activación de señales manuales o desconexión, en estos casos, una buena solución es que el regulador desconecte las cargas cuando el nivel de carga de la batería alcanza el nivel de riesgo, y que esté provisto de un medio manual de reconexión. De este modo, los usuarios son alertados del riesgo de desconexión sin tener que estar mirando el indicador de estado de carga. Para estos casos:

- El usuario puede ser alertado de que el estado de carga de la batería alcanzó el nivel de alarma mediante una desconexión automática de las cargas, que pueda ser repuesta manualmente. (S)

### *Instalación y mantenimiento*

Los sistemas fotovoltaicos deberían, preferiblemente, ser tratados como sistemas llave en mano, instalados y puestos en operación antes de ser transferidos a los usuarios. Sin embargo, cabe imaginar licitaciones exclusivamente destinadas a la adquisición de material, en el caso de empresas integradoras de sistemas.

Entonces se debe prestar especial atención a que el suministro incluya todos los materiales necesarios para la instalación, como tornillos, terminales de baterías, etc., y a que estén debidamente identificados. Por lo tanto:

- Todos los materiales necesarios para la instalación (tornillos, conectores, etc.) deben estar incluidos en el suministro de los sistemas fotovoltaicos. (C)

- Los módulos fotovoltaicos, baterías, reguladores de carga y balastos, deberán estar debidamente etiquetados. (C)

Las tareas de mantenimiento de dichos sistemas que pueden ser realizadas directamente en el propio lugar de operación son: limpieza de los módulos fotovoltaicos, modificaciones del cableado, relleno de agua de las baterías, y reemplazo de fusibles, lámparas y reguladores de carga. Con el fin de facilitar estas tareas, y de simplificar la instalación inicial de los sistemas, se considera apropiado requerir que:

- El diseño de las estructuras de soporte debe facilitar la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexión. (C)
- El montaje de las estructuras de soporte debe preservar su resistencia a la fatiga, corrosión y efectos del viento. (C)
- Es preferible montar los módulos fotovoltaicos sobre pedestales o paredes, que hacerlo sobre los tejados. (S)

Los montajes sobre pedestal o sobre pared generalmente permiten el fácil acceso a los módulos fotovoltaicos, sin poner en riesgo la estanqueidad del techo, y pueden representar un grado de libertad adicional cuando se buscan localizaciones sin sombras para el generador fotovoltaico.

Los montajes sobre tejados a veces permiten reducir costos y, por lo tanto, también pueden ser aceptados, a condición de dejar un espacio entre el techo y los módulos para que circule aire. Por lo tanto:

- Si se permite el montaje en los tejados, deberá haber una separación de, por lo menos, 5 cm entre los módulos y el tejado ó cubierta para permitir la circulación de aire. (C)

- Si se permite el montaje en los tejados, las estructuras de soporte no deberán fijarse a las tejas o a las chapas, sino a las vigas del tejado u otro elemento de la estructura de la vivienda. (C)
- La batería debería ubicarse en un lugar de fácil acceso (Nota: el acceso debería estar restringido por ejemplo mediante el uso de una puerta con cerradura). (R)

“Fácil acceso” significa que la limpieza de los terminales de las baterías, la verificación del nivel de electrolito, el relleno de agua y el reemplazo de fusibles (si los hay) pueda realizarse sin mover las baterías.

- Los reguladores de carga y las lámparas deben suministrarse con elementos de soporte y fijación adecuados para su montaje (la instalación debe ser relativamente simple). (C)
- El diseño de luminarias y reguladores de carga debe permitir el acceso con cierta facilidad a los fusibles y terminales de cables. (C)
- Las lentes de las lámparas, cubiertas, etc. (si existen) deben ser a prueba de insectos. (C)
- Las lentes, cubiertas, etc. (si existen) deben poder desmontarse fácilmente por el usuario, para el reemplazo de las lámparas o para limpieza. (R)
- Todos los tubos fluorescentes deben estar disponibles localmente. (C)
- La necesidad de herramientas debe minimizarse. (evitando tuercas de diferente tamaño / distintos tamaños de tornillos, etc.). (C)

Finalmente, todo el cableado debe hacerse de acuerdo con las normas habituales, en particular:

- Los cables deben asegurarse a las estructuras de soporte o a las paredes, para evitar esfuerzos mecánicos sobre otros elementos de la instalación eléctrica (cajas de conexión, balastos, interruptores, etc.). (C)
- Si están montados en superficie, los cables deben graparse a las paredes, a intervalos adecuados, para asegurar su posición vertical y horizontal. De no ser así, deben embutirse en las paredes y recubrirse con yeso o similar. (C)
- Los cables deben mantenerse fuera del alcance de los niños. (R)
- En general, los cables deben disponerse horizontalmente o verticalmente, nunca oblicuamente. (R)

### *Flexibilidad*

En el supuesto de que se satisfagan todos los requisitos ya mencionados, es también importante que los sistemas fotovoltaicos de tal forma que cualquier componente pueda ser sustituido por uno similar de otro proveedor, o por un componente técnicamente mejorado del mismo fabricante. La flexibilidad en términos del dimensionamiento del sistema también es importante. Para ello, es necesario prestar especial atención a la posibilidad de agrandar un sistema incrementando el tamaño del generador fotovoltaico o de la batería. Otro aspecto clave es la compatibilidad de la batería y el regulador.

Los módulos fotovoltaicos de idéntico voltaje nominal pueden conectarse en paralelo sin ninguna restricción, por lo tanto cuando se agranda un generador fotovoltaico sólo es necesario verificar la sección de los cables y la capacidad del regulador para manejar el nuevo valor de la corriente máxima.

Para aumentar la capacidad de almacenamiento de un sistema, es necesario reemplazar la batería por una nueva, porque la conexión en paralelo de baterías nuevas y viejas no es nunca satisfactoria. Debe mencionarse que algunas especificaciones elaboradas por entidades internacionales típicamente permiten hasta dos baterías idénticas conectadas en paralelo, aunque también indican que es

preferible sólo una batería, y algunos fabricantes concuerdan con esta opinión. Por lo tanto, es necesario resaltar lo siguiente:

- No se permite la conexión en paralelo de más de dos baterías. (C)
- No se permite la conexión en paralelo de baterías diferentes. (C)
- No se permite la conexión en paralelo de baterías nuevas y viejas. (C)

## CRITERIOS GENERALES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### *Censos de carga*

#### Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario

Utilidad	Potencia	Unidades	Horarios de uso								Horas	Energía	
			0--5am	5am--7am	7am--11am	11am--1pm	1pm--5pm	5pm--7pm	7pm--9pm	9pm--0		W-h	W-h
											Día	Año	
Iluminación													
Cuarto	15	W		15 ( 2h)				15 ( 2h)	15 ( 2h)		6	90	3,285
Patio	15	W	15					15 ( 2h)	15 ( 2h)	15 ( 2h)	12	108	65,700
Telecomunicación													
Radio	10	W		10 ( 2h)				10 ( 2h)	10 ( 2h)		6	60	21,900
Otros													
Cargador de celular	5	W				5 ( 2h)					5	25	2,600
Total											355	123,050	

*Tabla 49: Censo de carga sistema fotovoltaico domiciliario*

Censo de carga sistema fotovoltaico mini parque.

	Potencia	Unidades	N	CS (%)	Horarios de uso								horas	Energía	
					0--5am	5am--7am	7am--11am	11am--1pm	1pm--5pm	5pm--7pm	7pm--9pm	9pm--0		W-h Día	W-h Año
Utilidad															
Iluminación															
Cuarto	15	W	15	0.8		180 (2h)				180 (2h)	180 (2h)		6	1,080	394,200
Patio	15	W	15	0.8	180 (2h)	180 (2h)				180 (2h)	180 (2h)	180 (2h)	12	2,160	788,400
Telecomunicación															
Radio	10	W	15	0.6		90 (2h)				90 (2h)	90 (2h)		6	540	197,100
Otros															
Cargador de celular	5	W	15	0.5				37.5 (2h)					5	187.5	19,500
Total														3,967.5	1,399,200

Tabla 50: Censo de carga sistema fotovoltaico Mini parque.

CS: Coeficiente de simultaneidad

N: Cantidad de vivienda

### *Horario de uso.*

Se ha definido a partir de un criterio grupal de diseño, basándose en la encuesta y visita de campo realizada en la comunidad. Tomando en cuenta las necesidades de la población se delimito el uso del sistema a horas establecidas para las diferentes utilidades, así mismo se contabilizo las horas individuales por aplicación para poder realizar posteriormente el cálculo de energía (Wh).

En los censos de carga el horario de uso se ha representado a través de las horas en que las cargas están demandando potencia, en las casillas de las distintas horas se ha señalado el valor en watts de la carga que se esta empleando en un determinado tiempo, después de las 24 horas se recolecta la información de potencia demandada por las distintas cargas a lo largo del día, esta nos servirá para proceder hacer el calculo de energía por día; en el caso del Miniparque hay una cierta modificación a lo antes explicado, la diferencia es que se agrega un coeficiente de simultaneidad, el cual influye en la potencia demandada de el grupo de cargas, que el sistema alimentara, ya que este se asume desde el punto de vista de cargas conectadas simultáneamente. Ejemplo de esto seria decir, que se tiene una carga instalada de 28 luminarias, pero probablemente de 7 PM a 9PM solo se utilicen la mitad de estas , eso quiere decir que el coeficiente de simultaneidad es del 50% y que se estará demandando durante esas 2 horas la mitad de las cargas instaladas.

### *Calculo de energía.*

En base a las horas definidas en el horario de uso se procede a realizar los cálculos de energía presentando valores diarios y anuales, tomando en cuenta la potencia de cada elemento de carga. La diferencia entre sistemas es que para el sistema mini parque se cuenta con el coeficiente de simultaneidad<sup>30</sup>, el cual afecta los cálculos de energía. Dichos valores se obtuvieron de las formulas siguientes:

---

<sup>30</sup> Indica un porcentaje de utilización de carga paralela en los domicilios de la comunidad.

$WH = P \times hr \text{ (SFD)}$  $WH = P \times hr \times CS\%$ (Miniparque)	Donde: WH= Watts Hora, P=Potencia, hr=Horas
$WH/año = WH \times 365$	

### Cálculos de variables eléctricas

Equipo	Numero	W por unidad	VA	FP	Horas	A(DC)	AH	A(AC)	W-H/día	W totales
luminaria cuarto	1	15	16.67	0.9	6	1.25	7.5	0.138	90	15
luminaria patio	1	15	16.67	0.9	12	1.25	15	0.138	180	15
Radio	1	10	11.1	0.9	6	0.83	5	0.093	60	10
Cargador de teléfono	1	5	5.56	0.9	2	0.416	0.83	0.046	10	5
			<b>50</b>			<b>3.75</b>	<b>28.3</b>	<b>0.416</b>	<b>340</b>	<b>45</b>

Tabla 51: Calculo de variables eléctricas Sistema Fotovoltaico Domiciliar

Equipo	Numero	W por unidad	VA	FP	Horas	A(DC)	AH	A(AC)	W-H/día	W totales
luminaria cuarto	14	15	233.3	0.9	6	4.375	26.25	1.94	1008	210
luminaria patio	14	15	233.3	0.9	12	4.375	52.5	1.94	2016	210
Radio	14	10	155.56	0.9	6	2.91	17.5	1.29	504	140
Cargador de teléfono	14	5	77.78	0.9	2	1.46	2.91	0.648	70	70
			<b>700</b>			<b>13.12</b>	<b>99.17</b>	<b>5.83</b>	<b>3598</b>	<b>630</b>

Tabla 52: Calculo de variables eléctricas Sistema Miniparque Fotovoltaico

### Formulas utilizadas para cálculos de variables eléctricas

$S = P / \cos\theta \text{ [VA]}$
$I_{dc} = S / V_{dc} \text{ [A]}$
$AH = I_{dc} \times hr \text{ [Ah]}$

$I_{ac} = S/V_{ac} [A]$
WH=Numero x Watts por unidad [W]

### Horas de alimentación

Horas de alimentación		
<b>Panel</b>	5	<b>h</b>
<b>Bateria</b>	11	<b>h</b>
<b>Eficiencia</b>	0.61	
<b>Banco</b>	12	<b>V</b>

Tabla 53: Horas de alimentación SFD

Horas de alimentación		
<b>panel</b>	5	<b>h</b>
<b>bateria</b>	11	<b>h</b>
<b>eficiencia</b>	0.61	
<b>banco</b>	48	<b>V</b>

Tabla 54: Horas de alimentación Sistema Miniparque Domiciliar

A criterio de los diseñadores, se ha estimado el tiempo solar pico<sup>31</sup> a un valor de 5 horas para la alimentación de cargas a través del panel en una situación extrema de poca radiación solar y se ha delimitado el tiempo de alimentación al sistema a través de las baterías a un valor de 11 horas.

Se ha estimado la eficiencia del sistema al 61% , a partir de las siguientes consideraciones:

Módulos - 20 %  
(ángulo de incidencia, temperatura, polvo)

Inversor - 8 %

<sup>31</sup> Lapso de tiempo en el cual la radiación solar se mantiene en un valor máximo para las características de la zona.

Batería - 17 %

(caso especial: uso reducido)

Regulador - 0 %

Rendimiento = (100% - 20%) x (100% - 8%) x (100% - 17%)

Queda un rendimiento total de 61 %.

El apartado banco es referido al voltaje nominal al que genera potencia el sistema, en el caso del sistema Domiciliar 12V y 48 V en el de sistema de Miniparque.

*Capacidad necesaria de batería*

<b>Idc</b>	<b>3.75</b>	<b>A</b>
<b>Capacidad de batería</b>	<b>41.25</b>	<b>AH</b>
<b>voltaje terminal</b>	<b>1.75</b>	<b>V</b>

Tabla 55: Cálculo de capacidad necesaria de batería Sistema Fotovoltaico Domiciliar

<b>Idc</b>	<b>13.125</b>	<b>A</b>
<b>capacidad de batería</b>	<b>144.375</b>	<b>AH</b>
<b>voltaje terminal</b>	<b>1.75</b>	<b>V</b>

Tabla 56: Calculo de capacidad necesaria de batería Sistema Miniparque Fotovoltaico

Se calcula I<sub>dc</sub> a partir de la formula siguiente:

$I_{dc} = P_{real} / V_{dc}$	Donde: I <sub>dc</sub> =Corriente en dc (A), P <sub>real</sub> =Potencia (W) y V <sub>dc</sub> =Voltaje DC
------------------------------	---

I<sub>dc</sub> se obtiene a partir de la potencia real en Watts, que demandan las cargas instaladas a 12 Voltios directos en el Sistema Domiciliar y a 48 Voltios en el Sistema de Miniparque, este calculo se realiza con el fin de conocer la corriente que será necesaria suplir con los acumuladores.

Con este dato podemos partir para dimensionar los acumuladores, ya que el resultado de esta variable por la cantidad de horas de alimentación de las baterías

(11h), nos sirve para obtener el número de amperios horas, para posteriormente evaluar la capacidad de la batería o baterías necesarias para formar el sistema.

Cabe aclarar que en este cálculo no están involucrados aun días de autonomía, es decir, días con irradiación solar nula, sin generación de potencia de los paneles fotovoltaicos.

Esta capacidad será igual a:

<b>Capacidad necesaria de batería= I<sub>dc</sub> * horas de alimentación de batería</b>
--

El voltaje terminal, es el valor mínimo de voltaje por celda al cual se puede descargar una batería.

*Parámetros técnicos de la batería*

<b>Batería</b>		
<b>capacidad</b>	100	<b>AH</b>
<b>voltaje de terminal</b>	12	<b>V</b>
<b>tiempo de descarga</b>	100	<b>h</b>

*Tabla 57: Parámetros técnicos de la batería.SFD y Miniparque*

Se presentan las características técnicas de la batería de gel sellada a utilizar en los sistemas. Se tomo la determinación de utilizar una batería con estas especificaciones a partir del dato obtenido en capacidad necesaria de batería.

*Calculo de baterías*

<b>Baterías</b>	
<b>Días de autonomía</b>	2
<b>Energía necesaria</b>	400 W-H/día
<b>Capacidad de las baterías</b>	166.67 A
<b>numero real de baterías (100Ah)</b>	2

*Tabla 58: Dimensionamiento numero de baterías Sistema Fotovoltaico Domiciliar*

Baterías	
<b>Días de autonomía</b>	3
<b>Energía necesaria</b>	4232.94W-H/día
<b>Capacidad de las baterías</b>	661.39 A
<b>numero real de baterías (100Ah)</b>	8

Tabla 59: Dimensionamiento numero de baterías Sistema Miniparque Fotovoltaico

Se presenta el número de baterías a utilizar en los sistemas. Se utiliza la siguiente formula para el cálculo:

$L = \frac{L_{cc}}{\eta_g} = \text{Wh/día}$ $CB^* = \frac{LN}{P_{d_{\max}}}$	<p>Donde: <math>L_{cc}</math>, Consumo en corriente continua, Wh</p> <p><math>\eta_g</math>, eficiencia del acumulador</p> <p><math>\eta_{inv}</math>, eficiencia del inversor</p> <p>CB*: es la capacidad de la batería, en Wh</p> <p>L : es la energía final necesaria</p> <p>N : número de días de autonomía</p> <p><math>P_{d_{\max}}</math> : máxima profundidad de descarga de la batería</p>
---	---

Para realizar el dimensionamiento del numero de baterías, por criterio de diseño se tomo la determinación de asumir 2 días de autonomía (sin irradiación solar) para el Sistema Fotovoltaico Domiciliar y 3 días de autonomía para el Sistema Miniparque Fotovoltaico, la energía necesaria se obtuvo, a partir del calculo de energía diario realizado en los censos de carga (tabla 49 y 50), este dividido entre un dato de eficiencia del acumulador del 85% , la capacidad de la batería en Wh, se calculo con los datos ya conocidos de días de autonomía por energía necesaria dividido entre un porcentaje de profundidad de descarga del 40%, este porcentaje se ha considerado también por un criterio de diseño, después de evaluar las curvas de descarga del tipo de batería escogido (ver características pagina 140).

El tamaño del sistema de acumulación por Ah( Amperios hora), se obtiene a partir CB\*(capacidad en Wh), dividido entre la tensión nominal del banco de baterías, que serian 12V(SFD) y 48V(Miniparque):

$$CB(Ah) = \frac{CB^*}{V}$$

*Parámetros técnicos del panel*

<b>PS120M</b>		
<b>Pm</b>	120	<b>W</b>
<b>V</b>	17.2	<b>V</b>
<b>I</b>	6.98	<b>A</b>
<b>Voc</b>	21.6	<b>V</b>
<b>Isc</b>	7.7	<b>A</b>
<b>W hr</b>	366	<b>Wh</b>

*Tabla 60: Parámetros técnicos del panel fotovoltaico.*

Se presentan las características técnicas del panel fotovoltaico a utilizar en ambos Sistemas. Se tomo la determinación de escoger un panel de estas especificaciones a partir de la energía calculada en los censos de carga, 355 Wh en el Sistema Fotovoltaico Domiciliar y 3,967.5 Wh en el Sistema Miniparque Fotovoltaico.

*Calculo de paneles*

<b>Paneles</b>	
<b>numero de paneles</b>	0.928
<b>numero real</b>	1

*Tabla 61: Dimensionamiento numero de paneles Sistema Fotovoltaico Domiciliar*

<b>Paneles</b>	
<b>numero de paneles</b>	11.85
<b>numero real</b>	12

*Tabla 62: Dimensionamiento numero de paneles Sistema Miniparque Domiciliar*

Año	Energía	
	%	KWh
1	0	1295
2	1.5	1314.425
3	1.5	1334.141
4	1.5	1354.153
5	1.5	1374.466
6	2	1401.955
7	3	1444.014
8	3	1487.334
9	2	1517.081
10	1.5	1539.837
11	1.3	1559.855
12	1	1559.855
13	0.5	1567.654
14	0.5	1575.493
15	0.5	1583.37

Tabla 63: Demanda futura para Sistema Miniparque Fotovoltaico

*Demanda futura.*

Por criterios de diseño se ha optado por aumentar un porcentaje anual a la energía demandada de la comunidad para efectos de dimensionar correctamente la instalación previendo incrementos de carga por diversas razones.

Se presenta el número de módulos a utilizar en los dos sistemas. Se utiliza la fórmula siguiente para el cálculo:

$\#Paneles\_domiciliar = \frac{WH}{(P_m \times t_{sp} \times \text{Eficiencia})}$	<p>Donde WH= (Watts*Hora)/día,  <math>P_m</math>=Potencia modulo, <math>t_{sp}</math>=tiempo solar pico.</p>
$\#Paneles\_minparque = \frac{WH\_demanda\_futura\_final}{(P_m \times t_{sp} \times \text{Eficiencia})}$	

En el Sistema Fotovoltaico Domiciliar no se realizo una demanda futura , ya que las cargas que se manejaran son pocas y relativamente pequeñas, comparado con el grupo de cargas que suplirá el miniparque, el panel y numero de acumuladores escogidos, ya hacen del Sistema Domiciliar Fotovoltaico un Sistema sobredimensionado.

*Calculo de regulador e inversor.*

Calculo de regulador e inversor			
CNB	8	<b>A</b>	
input inv.	50	<b>W</b>	inversor
CEI	4.17	<b>A</b>	
CT	12.17	<b>A</b>	cargador

*Tabla 64: Calculo de regulador e inversor Sistema Domiciliar Fotovoltaico*

Calculo de regular e inversor		
CNB	16	<b>A</b>
input inv	700	<b>W</b>
CEI	14.58	<b>A</b>
CT	30.58	<b>A</b>

*Tabla 65: Calculo de regulador e inversor Sistema Miniparque Fotovoltaico*

Se presentan cálculos necesarios para poder dimensionar el inversor y el regulador de los sistemas. Las formulas utilizadas se presentan a continuación:

$CNB = (40\% \times Ah \text{ bateria real}) / t_{sp} \text{ [A]}$	Donde: CNB=Corriente Nominal de la bateria, $T_{sp}$ =tiempo solar pico, Input_inv=potencia entrada del inversor, P=potencia, CEI=Corriente Entrada Inversor, $V_{dc\_banco}$ =Voltaje dc del banco, CT=Corriente Total.
$Input\_inv = P / \text{eficiencia\_inversor} \text{ [W]}$	
$CEI = Input\_inv / V_{dc\_banco} \text{ [A]}$	

$CT = CNB + CEI \text{ [A]}$	
------------------------------	--

El 40% empleado en el calculo de CNB esta vinculado con la fase de admisión de la batería en la cual es recomendable, Cargar en un rango mayor a 20%-40% de a/h a un voltaje de cerca de 14,4 voltios (gel: 14.1 V). Esto generará en la batería 75% de la carga completa y es eficiente ya que la batería acepta más energía cuando está descargada.

La fase de la admisión mantiene la batería en 14,4 voltios (gel: 14,1) mientras que el amperaje se reduce constantemente. Esto restablecerá el 25% siguiente de la capacidad en un consumo que se reduce. la batería se puede considerar cargada completamente si acepta la corriente igual a 2% de a/h en 14,4 voltios.

Lo anterior nos dice que la batería escogida necesita 40 A para cargarse , ya que tomamos el 40% de capacidad en amperios horas de la batería escogida (100Ah), y nuestro tiempo solar pico , que es el número de horas de sol en media diaria a una intensidad de 1000 W/m<sup>2</sup>, es 5 horas como mencionábamos anteriormente, las baterías estarían demandando alrededor de 8 A para cargarse, esto en condiciones en las que no hubieran cargas conectadas y la batería se cargara en un dia (5 horas)

A partir de los cálculos se ha dimensionado el inversor y el regulador de carga. La potencia de entrada del inversor determina la capacidad del inversor requerido, en el caso del Sistema Domiciliar Fotovoltaico necesitaríamos un inversor de 50 Watt para manejar la potencia demandada de la vivienda, pero para prevenir un aumento de carga inesperado se opto por seleccionar un inversor de 400 Watts, el mismo criterio se amplio para seleccionar el inversor del Sistema Miniparque Fotovoltaico en el cual se necesitaría un inversor de 700 Watts y se selecciona uno de 1500 Watts para evitar la descomposición de este, por un incremento de carga, CT es el parámetro que nos proporciona el dimensionamiento del regulador de carga, ya que esta

corriente es la que se presentara a la entrada de este, en el Sistema Domiciliar Fotovoltaico se necesitaría un regulador de 15 A y se ha seleccionado un regulador variable de 0 a 25 amperios, el Miniparque Fotovoltaico tendría que estar formado por un regulador de 31 A, se escogió un regulador de 35 A.

Área de conducción.

Se presentan los cálculos necesarios para obtener el área de conducción idónea para transportar la corriente demandada en AC y DC.

$$\text{Área de conducción (DC)} = 2\rho LI/\Delta V \text{ [mm}^2\text{]}$$

Donde:  $\rho$ =Resistividad eléctrica, L= longitud, I=Corriente,  $\Delta V$ = Caída de tensión,  $\cos\theta$ =Factor de potencia.

$$\text{Área de conducción (AC)} = 2\rho LI \cos\theta /\Delta V \text{ [mm}^2\text{]}$$

Domiciliario		
Resistividad radox(Cu)	0.017254	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
Longitud aprox radox	10	m
Idc(individual)CEI	3.75	A
Caída de tensión( $\Delta V$ )	3	%
Voltaje nominal(DC)	12	V
Área de conducción(DC)	$S = 2\rho LI/\Delta V$	$\text{mm}^2$
	7.38	$\text{mm}^2$
Factor de potencia( $\cos\theta$ )	0.9	
Resistividad THHN(Cu)	0.017857143	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
Longitud aprox THHN	15	m
Iac(individual)	0.417	A
Caída de tensión( $\Delta V$ )	3	%
Voltaje nominal(AC)	120	V
Área de conducción(AC)	$S = 2\rho LI\cos\theta/\Delta V$	$\text{mm}^2$
	0.055	$\text{mm}^2$

Tabla 66: Área de conducción y dimensionamiento de conductor SFD

En esta tabla se observa el calculo de el área de conducción necesario para que se transporte de manera idónea la corriente (AC y DC), es decir evitando calentamientos de conductor por mal dimensionamiento y teniendo la menor cantidad de perdidas en Voltios (3%).

A partir del área de conducción se selecciona el calibre del conductor indicado; en la tabla 66 se muestra el calculo de área de conducción de el conductor radox( resistividad del cobre), que es el tipo de cable que se utilizara por criterios de diseño en la instalación del Sistema Fotovoltaico (panel, baterías, regulador, inversor), podemos observar que el resultado del área de conducción es de 7.38 mm<sup>2</sup>, con este dato se toma la determinación de seleccionar un cable radox de 10 mm<sup>2</sup>; para la selección del conductor empleado en la conexión de alimentación interna de la vivienda, se realiza el mismo procedimiento, en este caso se escogió el conductor THHN, que es el empleado normalmente para este tipo de instalaciones, dado los resultados de área de conducción, en los cuales se observa que no se necesita de un conductor de alto calibre para dicha instalación, se selecciono los conductores THHN calibre 12 (tomacorrientes) y calibre 14(luminarias).

Mini Parque		
Resistividad radox(Cu)	0.017254	Ωmm <sup>2</sup> /m
longitud aprox radox	3.5	m
Idc(mini parque)CEI	14.58	A
Caída de tensión(ΔV)	3	%
Voltaje nominal(DC)	48	V
Área de conducción(DC)	$S= 2\rho LI/\Delta V$	mm <sup>2</sup>

Tabla 67: Área de conducción Miniparque.

Tramos				
3 tramos de bloques de 4 paneles, hacia caja de registro(1)				
	0.64	mm <sup>2</sup>		
Paneles individuales	4	mm <sup>2</sup>		
Caja de registro(1), hacia regulador		L	10	m

	5.53	mm <sup>2</sup>		
<b>Regulador hacia caja de registro(2)</b>		L	2	m
	1.1	mm <sup>2</sup>		
<b>Caja de registro(2) hacia banco de baterías</b>		L	2.5	m
	0.96	mm <sup>2</sup>		
<b>Inversor hacia tendido(8DF)</b>		L	1126	m
	13.25	mm <sup>2</sup>		
	Alambre tipo Wp	AWG 6	AWG 4	
	intemperie	13.3	21.15	
<b>Caja de registro(2), hacia inversor</b>		L	2.5	m
	0.87	mm <sup>2</sup>		

Tabla 68: Dimensionamiento de conductor miniparque.

Para dimensionar los conductores empleados en la instalación del Miniparque Fotovoltaico se han tomado los mismos criterios que se emplearon en el Sistema Domiciliar Fotovoltaico, con la diferencia de que en el Miniparque se ha seccionado la instalación en tramos, a partir de las aéreas de conducción obtenidas en los distintos tramos se han seleccionado los siguientes conductores:

- Bloques de paneles hacia caja de registro (1), cable radox 4 mm<sup>2</sup>.
- Caja de registro (1) hacia regulador de carga, cable radox 6 mm<sup>2</sup>.
- Regulador de carga hacia caja de registro (2), cable radox 4 mm<sup>2</sup>.
- Caja de registro (2) hacia banco de baterías, cable radox 4 mm<sup>2</sup>.
- Caja de registro (2) hacia inversor, cable radox 4 mm<sup>2</sup>.
- Inversor hacía tendido secundario, se podía escoger entre el alambre tipo Wp AWG 6 y AWG 4, se selecciono el Wp AWG 4 para tener una menor perdida de voltaje, dicha perdida se fijo en el sistema con un 3% del voltaje nominal de operación, el cual seria 120 Vac en este caso.
- THHN #12 y #14 para conexión de alimentación interna de las viviendas.

## RESUMEN DE DISEÑOS DE SISTEMAS DOMICILIAR FOTOVOLTAICO Y MINIPARQUE FOTOVOLTAICO.

### Sistema Domiciliar Fotovoltaico

Elemento	Numero	Especificaciones
Paneles	1	120Wp/12Vdc
Baterías de gel	2	100Ah/12Vdc
Inversor(DC-AC)	1	400W/12Vdc
Regulador	1	25A/12Vdc
termo magnético	1	15A/1 polo
cable radox	10 Mts	10mm <sup>2</sup>
cable THHN	10 Mts	#14
cable THHN	20 Mts	#12

Tabla 69: Tabla resumen de diseño Sistema Fotovoltaico Domiciliar

A través de los respectivos estudios de carga y variables eléctricas que influyen en el diseño de este tipo de instalaciones se ha optado por conformar el sistema, a partir de un panel de 120 Wp a 12 Vdc con un ángulo de inclinación de ( hacia el sur 20.91°<sup>32</sup>, 2 baterías de gel (100 Ah) a 12 Vdc conectadas en paralelo entre si, un inversor (DC-AC) de 400 Watts a 12 Vdc entrada y 120 Vac salida, la consecuencia más importante de esto es que se pueden utilizar lámparas y electrodomésticos a 120 Vac, los cuales son más comunes, más baratos y más fáciles de adquirir que los aparatos a 12 Vdc, un regulador de carga de 25 A ,que controlara la carga de las baterías y la alimentación del inversor, cabe mencionar que con estos dispositivos en conjunto se logra generar energía eléctrica, acumularla y distribuirla al mismo tiempo, con un suministro de reserva lo suficientemente grande, para abarcar 2 días de autonomía (sin irradiación solar).

---

<sup>32</sup> Dato observado en la ilustración 17, pagina 50 de este documento

## Sistema Miniparque Fotovoltaico

Elemento	Numero	Especificaciones
Paneles	12	120Wp/12Vdc
Baterías de gel	8	100Ah/12Vdc
Inversor(DC-AC)	1	1500W/48Vdc
Regulador	1	35A/48Vdc
termo magnético	1	30A/1 polo
cable radox	25 Mts	6mm <sup>2</sup>
cable radox	50 Mts	4mm <sup>2</sup>
alambre Wp	1000 Mts	AWG 4
cable THHN	150 Mts	#12
cable THHN	230 Mts	#14

Tabla 70: Tabla resumen de diseño Sistema Fotovoltaico Miniparque.

Con los datos obtenidos a lo largo del diseño se concluye, que el Sistema de Miniparque, debe operar a un voltaje nominal de 48 Vdc para que la corriente que se transporte por los conductores sea menor, que si se operara a 12 Vdc, esto reducirá considerablemente el calibre de los conductores (radox).

Según la energía demandada por el grupo de cargas, el sistema estará conformado por 12 paneles de 120 Wp a 12 Vdc cada uno, conectados en 3 bloques en paralelo, cada bloque estará constituido por 4 paneles conectados en serie, el grupo de paneles deberá tener un ángulo de inclinación de  $20.91^{\circ}$ <sup>33</sup>, un banco de baterías que estará formado por 8 baterías de gel (100 Ah) a 12 Vdc, separadas en 2 bloques, conectados en paralelo entre si, cada bloque estará constituido por 4 baterías conectadas en serie, un inversor (DC-AC) de 1500 Watts a 48 Vdc de entrada y 120 Vac de salida, un regulador de carga de 35 A, que controlara la carga de las baterías y del paso libre de corriente hacia el inversor, un tendido eléctrico secundario de 1130 Mts de longitud a 120 Vac, conformado por estructuras metálicas y conductor Wp AWG #4.

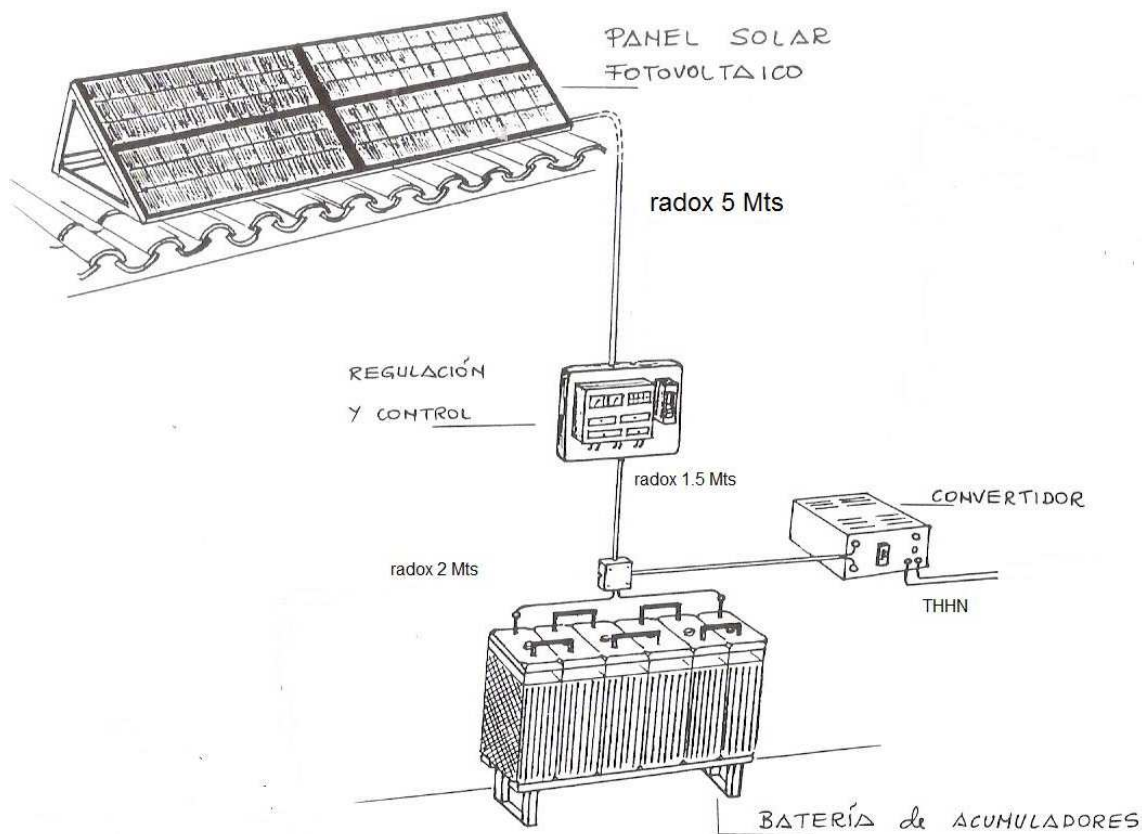
El Sistema Miniparque Fotovoltaico lograra generar la potencia necesaria para suplir la energía eléctrica que demanden el grupo de cargas que conforman las 14

---

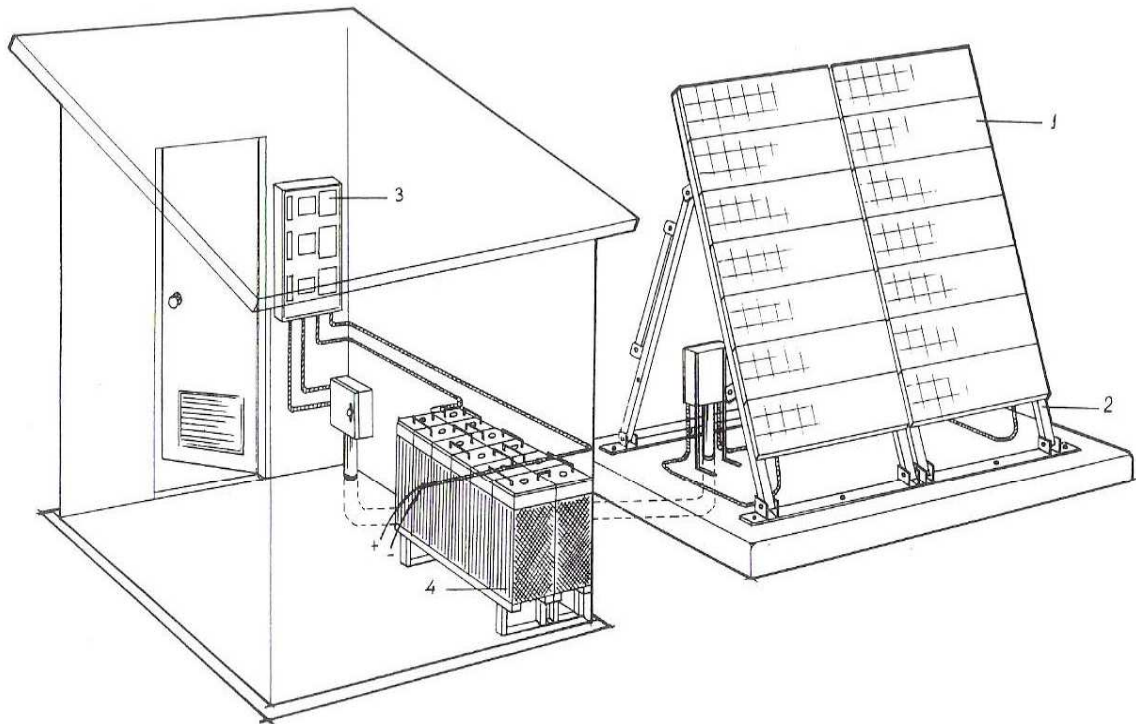
<sup>33</sup> Ver nota 11 de pie de página.

viviendas y podrá acumular la energía necesaria, para abastecer dichas cargas , durante 3 días de autonomía (sin irradiación solar).

*Esquemas de conexión de sistemas fotovoltaicos.*



*Ilustración 50: Esquemas de conexión de un sistema fotovoltaico domiciliario (1)*



DESCRIPCIÓN

- 1 - MÓDULOS FOTOVOLTAICOS
- 2 - ESTRUCTURA SOPORTE
- 3 - REGULACIÓN Y CONTROL
- 4 - BATERÍA DE ACUMULADORES

Ilustración 51: esquemas de conexión de un sistema fotovoltaico domiciliario (2)

## SELECCIÓN DE INSUMOS

### **Línea de distribución del sistema mini parque fotovoltaico.**

Se utilizará la misma línea de distribución que se diseñó para el sistema convencional. Al convertir a voltaje alterno la energía eléctrica generada por los paneles en voltaje directo también se utilizarán todos los accesorios y elementos necesarios para poder conducir este tipo de voltaje por la línea de distribución cumpliendo con las normas establecidas por el ente regulador, ya que aunque se produce de manera diferente la energía, esta es transportada de forma similar al sistema tradicional. En el caso particular del sistema fotovoltaico, la posición del mini parque fotovoltaico es la misma del transformador utilizado en la red convencional, ya que en este punto se encuentra el centro de carga y las pérdidas en la línea por distancia están en el rango normal. (ver figura 6 página 24)

### **Paneles fotovoltaicos a utilizar.**

Se pueden escoger tres tipos de paneles fotovoltaicos dependiendo de factores como eficiencia y costo, dichas categorías se presentan a continuación:

**Silicio Monocristalino:** Alcanzan rendimientos de hasta el 17% y presentan precios accesibles en diferentes modelos y capacidad.

**Silicio Policristalino:** Alcanzan rendimientos de hasta el 12% siendo una opción económica de buenas prestaciones.

**Silicio amorfo:** Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8% económicamente accesible pero con poco rendimiento.

Teniendo en cuenta los datos presentados anteriormente, se ha optado por escoger un panel fotovoltaico de silicio Monocristalino ya que su rendimiento es aceptable por un precio razonable.

Los módulos fotovoltaicos a utilizar poseen como características técnicas los siguientes parámetros:

Potencia Max.	120W
Tolerancia	+/-3%
Corriente de Máxima Potencia (A)	6,98A
Tensión de Máxima Potencia (V)	17,2V
Corriente de Cortocircuito (A)	7,7A
Tensión de Circuito Abierto (V)	21,6V
TONC (°C)	48°C +/-2
Tensión Máxima del Sistema (V)	1000V
Tipo de célula	Monocrystalino
Tamaño de célula	156x156mm
Número de células	4x9
Eficiencia células (%)	16-17%
Temperatura Trabajo	-40°C a +85°C
Certificados	CE, ISO

Dimensiones (mm)	1482x676x35mm
Peso (Kg)	12Kg
Marco	Aluminio anodizado
Cara frontal	Vidrio templado y microestructurado de alta transmisividad



**Juncoop**

## Conductores

La selección de conductores para las aplicaciones fotovoltaicas es de suma importancia, pues se debe escoger un cable capaz de soportar condiciones extremas y que trabaje con buenas prestaciones a un buen precio durante la vida útil de este tipo de instalaciones. En el mercado se encuentra distintas clases y marcas de conductores propios para aplicaciones fotovoltaicas, la mayoría de ellos cuentan con las mismas especificaciones y características, tales como:

- Resistencia a rayos ultravioleta
- Resistencia a la intemperie
- Resistencia a temperaturas extremas
- Resistencia mecánica, resistencia a impactos

- Perdidas en el conductor mínimas
- Alta seguridad : no propagación de la llama, no propagación de incendio
- Libre de halógenos.
- Resistencia a químicos entre otras.

Para la instalación propuesta se ha decidido utilizar el conductor HUBER-SUNHER, llamado comúnmente RADOX, el cual cumple con todas las especificaciones técnicas propuestas para conductores propios de aplicaciones fotovoltaicas. Dicho conductor presenta perdidas mínimas en distancias moderadas además de ser un conductor menos costoso en comparación a otros que presentan las mismas características, (*ver página 13-16*)

### **Regulador de carga.**

El regulador debe ser un elemento indispensable en una instalación fotovoltaica, pues ahora no solamente provee de carga a las baterías sino que actúa como protección a varios fenómenos que se presentan a diario (sobrevoltaje, sobrecorriente, sobrecarga) además debe ser dimensionado correctamente para evitar problemas posteriores en la fase de carga y en la protección de las baterías.

Por esta razón se ha escogido un regulador que posee características de última generación (carga y protección) para ser colocado en los sistemas fotovoltaicos, dichos reguladores poseen una larga vida útil siempre que se de un mantenimiento eficaz y posean una actividad acorde a sus prestaciones. Se presenta a continuación el modelo de regulador a utilizar.

### **Descripción del Producto**

Un controlador de carga es un componente importante del sistema que regula el voltaje generado por el sistema de energía renovable y para un mantenimiento correcto de las baterías. Impide que la carga de las baterías sea demasiado elevada o demasiado baja, y garantiza la máxima duración de las mismas. Los

controladores de carga Xantrex están considerados como los mejores de la industria y ofrecen diversas funciones. La serie C dispone de tres modelos, C35, C40 y C60, diseñados para 35, 40 y 60 amperios de CC.

#### Características

- Funcionamiento muy eficaz, silencioso, con modulación de anchura de pulsos.
- Carga de las baterías en tres etapas (en igualación, absorción y flotación) con compensación de temperatura opcional.
- Protección automática contra sobrecargas, tanto en modo activo como pasivo.
- Protección contra inversión de polaridad y cortocircuitos del grupo FV
- Construcción duradera.
- Controlado por microprocesador.

#### Como controlador de carga solar

- Si se utiliza como controlador de carga solar, el C40 puede controlar el funcionamiento de grupos de 12, 24 ó 48 VCC, y el C35 y el C60 pueden controlar el funcionamiento de grupos de 12 y 24 VCC.
- Todas las unidades permiten seleccionar configuraciones para baterías de plomo-ácido inundadas, de electrolito gelificado o de electrolito absorbido en fibra de vidrio

#### Como controlador de carga de CC

- Como controladores de carga de CC, la serie C tiene un indicador de advertencia de desconexión de baja tensión y puntos de ajuste de control

para su utilización sobre el terreno que gestionan la desconexión automática por alta y baja tensión.

- Interruptor de puesta a cero manual para funcionamiento de emergencia con baja tensión.

Como controlador de derivación

- La serie C dirige automáticamente la energía adicional a una carga de derivación garantizando que no se sobrecarguen nunca las baterías.

Opciones

- Sensor de temperatura de la batería remoto (BTS) incorporado para aumentar la precisión de carga.
- Medidor de amperios-hora acumulativo que se puede instalar en la parte frontal del controlador o de forma remota hasta una distancia de 30 metros (100 pies).

**TRACE**<sup>TM</sup> **Serie C**  
Reguladores de CC multifunción



*Conexión del regulador de carga.*

El regulador de carga aunque es de distinta capacidad en los dos sistemas, de 15 Amperios para el sistema domiciliario y de 35 amperios para el sistema mini parque es conectado de manera similar. A continuación se presenta la forma correcta de conexión del regulador de carga hacia las baterías y a las cargas de la vivienda.

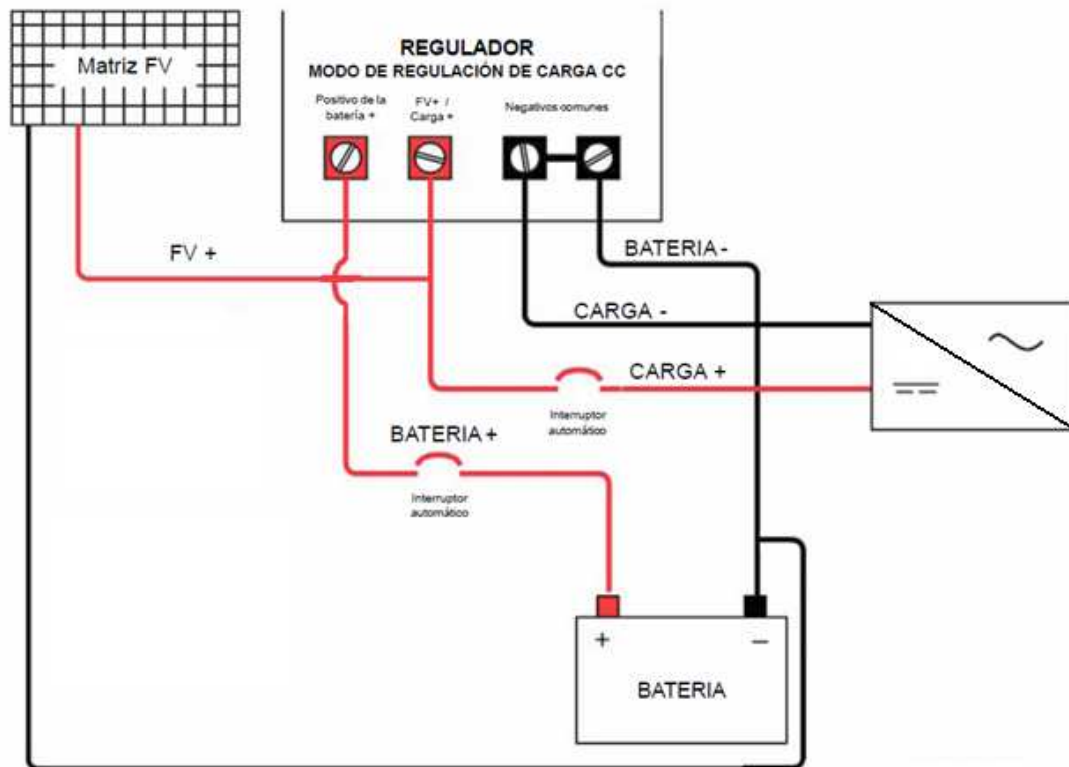


Ilustración 52: Conexión correcta del regulador de carga hacia baterías y cargas domiciliarias

## Baterías

Las baterías o acumuladores es otra de las partes importantes dentro de las instalaciones solares fotovoltaicas., ya que constituyen el sistema de almacenamiento, estos elementos por su construcción puede ser de dos tipos:

- Monobloque de 12 V, las cuales cuentan con características como: Menor tamaño, espacio y precio, menor capacidad y duración
- Multibloque de 6 elementos de 2 V cada uno, que poseen características como: Mayor tamaño, espacio y precio, así como Mayor capacidad y duración

Las baterías tipo Monobloque están muy extendidas en pequeñas instalaciones fotovoltaicas. Dentro de este segmento se han desarrollado baterías con un coeficiente de autodescarga muy bajo y una pérdida de agua muy reducida. Por

esta razón se ha escogido una batería tipo monobloque de ciclo profundo para la aplicación en la comunidad.

Se optó por las baterías de ciclo profundo para suplir las necesidades del proyecto y de los criterios de diseño. Las baterías marca *Trojan*<sup>34</sup> han sido las elegidas para esta instalación.



Product Specifications													
BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY <sup>A</sup>	CRANKING PERFORMANCE		CAPACITY <sup>B</sup>			TERMINAL TYPE (See Below)	HANDLE or BRACKET	DIMENSIONS <sup>C</sup>			WEIGHT lbs. (kg)
		Minutes	CCA <sup>D</sup> @0°F	CA <sup>E</sup> @32°F	5 Hr Rate	20 Hr Rate	100 Hr Rate			L	W	H <sup>F</sup>	
<b>6 VOLT DEEP-CYCLE GEL BATTERY</b>													
GC2	6V-GEL	394	575	825	154	189	198	5	Bracket	10 1/4 (260)	7 1/8 (181)	10 7/8 (276)	68 (31)
<b>12 VOLT DEEP-CYCLE GEL BATTERIES</b>													
24	24-GEL	147	330	460	66	77	85	5,6	Handle	10 7/8 (276)	6 3/4 (171)	9 5/16 (236)	52 (24)
27	27-GEL	179	395	545	76	91	100	5	Handle	12 3/4 (324)	6 3/4 (171)	9 1/4 (234)	63 (29)
31	31-GEL	200	445	620	85	102	108	5	Handle	12 15/16 (329)	6 3/4 (171)	9 5/8 (245)	69 (31)

<sup>34</sup> [www.trojanbattery.com](http://www.trojanbattery.com)

## **Inversor**

El inversor es una de las partes más críticas de una instalación fotovoltaica. No todos los inversores son aconsejables para cualquier tipo de aplicación: la elección de un inversor equivocado puede dañar el inversor y el aparato al que se conecta.

Un inversor poco eficiente obliga a generar más energía y por tanto a gastar más dinero en paneles fotovoltaicos para satisfacer nuestras necesidades. El inversor debe de ser eficiente en un margen de potencia amplio, por lo que es muy importante su curva de rendimiento, no solo el rendimiento máximo.

Algunos inversores envían a la línea pulsos de corriente para detectar si hay cargas conectadas. De esta forma se consigue que el inversor solo se encienda cuando es necesario, lográndose un ahorro de energía importante.

Cuando se compra un inversor es importante conocer la eficiencia del dispositivo que es capaz de soportar. Los inversores de calidad pueden funcionar con eficiencias altas, cercanas a 1. Un inversor que solo soporte eficiencias bajas nos fallará cuando le conectemos cargas capacitivas o inductivas, en nuestro caso esto no ocurrirá, ya que se suplirán solamente cargas pequeñas pero siempre se debe estar preparado para futuras ampliaciones y diversificaciones del sistema. Los tipos de inversores que se pueden colocar dependiendo de las exigencias en un sistema fotovoltaico son:

### *Inversores de onda cuadrada.*

Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias (ruidos).

Si se desea corriente alterna únicamente para alimentar un televisor o un aparato eléctrico pequeño, se puede utilizar este tipo de inversor. La potencia de éste dependerá de la potencia nominal del aparato en cuestión

### *Inversores de onda senoidal modificada.*

Son más sofisticados y caros, y utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso (PWM). El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. El contenido de armónicos es menor que en la onda cuadrada.

Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión u otro aparato electrónico. Los nuevos inversores de onda senoidal modificada además de producir un tipo de onda de salida adecuada para todas estas aplicaciones, tienen un rendimiento muy elevado (superior al 95%), con lo que apenas se producen pérdidas en la conversión CC/CA.

### *Inversores de onda senoidal pura.*

Con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda senoidal pura. Hasta hace poco tiempo estos inversores eran grandes y caros, además de ser poco eficientes (a veces sólo un 40% de eficiencia).

Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia. Sin embargo su coste es mayor que el de los inversores menos sofisticados y su campo de aplicación es diversos dependiendo de las necesidades, en un sistema fotovoltaico es utilizado para la alimentación de una cantidad significativa de aparatos electrónicos que requieren una buena calidad de voltaje para su funcionamiento y deben tener una vida útil moderadamente alta.

Tomando en cuenta las características de los diferentes tipos de inversores se ha optado por seleccionar uno de los tres tipos de elemento sin importar su característica esencial, ya que cada uno de ellos cumple los requisitos que se buscan para darle seguridad, fiabilidad y versatilidad al sistema. Además, el precio que presentan es similar siendo este no elevado en inversores de baja y media capacidad y queda a criterio de los diseñadores la selección de este elemento.

Se optó por el inversor de onda senoidal pura por su precio accesible, sus excelentes prestaciones y por el diseño compacto que muchos de ellos presentan ya que poseen elementos electrónicos que minimizan considerablemente su tamaño, haciendo más fácil su manipulación, transporte, colocación y resguardo.

Este elemento está dimensionado de manera distinta para los dos sistemas, es por esta razón que sus capacidades cambian, tomando en cuenta la carga que se suplirá y las diferencias entre instalaciones se optó por colocar un inversor de 1.5Kw para el sistema mini parque y un inversor de 400W para el sistema domiciliar. A continuación se presentan las características técnicas de esos elementos:

#### Inversor 1500W 12V Senoidal Pura Digital

##### Características.

- Salida continua en corriente alterna 1,5 Kw.
- Máxima sobrecarga 2Kw.
- Voltaje de entrada 12V/24V/48V.
- Voltaje de salida 220/230/240 +/-3%
- Frecuencia 50Hz. onda senoidal pura
- Corriente de salida 11 A
- Eficiencia con carga completa +86% a 12V
- Consumo en espera 1.5 vatios. (modo económico)
- Protecciones de sobrecarga, cortocircuito, inversión de polaridad, alta y baja entrada del voltaje y sobrecalentamiento.
- Peso 7 Kg
- Temperatura de trabajo  $-30^{\circ}\text{C}$  /  $70^{\circ}\text{C}$



## Inversor vector Max power400

### Especificaciones:

- Salida continua en corriente alterna: 400 Watts
- Máxima sobrecarga: 800 Watts
- Voltaje de entrada nominal: 12V (10-15V)



### Características:

- Pinzas para conexión de positivo y negativo en batería(opcional)
- Protección contra sobre temperatura
- Protección contra corto circuito
- Protección contra entrada de alto voltaje en dc
- Protección contra sobrecarga de la batería
- Desconexión de baterías en descarga
- Alarma para carga baja de baterías
- 2 salidas AC 110V, 60 Hz

### Soportes, estructuras y otros elementos del sistema

Los elementos que forman parte de las instalaciones pero no han sido mencionados en estos apartados anteriores se colocaran en la sección anexos: características técnicas de elementos; no han sido discutido en esta ocasión debido a la extensa diversidad de marcas, características, modelos y precios en lo que respecta a soportes, herrajes, aisladores, terminales entre otros. En la realización del presupuesto se conocerán los detalles de los elementos que no se han mencionado.

## CAPITULO 5: PRESUPUESTOS Y COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS SUGERIDOS

### INTRODUCCION

Con la finalidad de prever los elementos necesarios para la realización de las propuestas de electrificación antes mencionadas, sus costos e inversiones extras que se deban desarrollar se presentan en este apartado los presupuestos obtenidos para cada uno de los sistemas. Las listas de materiales e insumos han sido divididas -en el caso de los sistemas convencional y mini parque- en dos piezas: presupuesto por estructura y presupuesto general. Esta división se ha realizado con el fin de presentar de manera más ordenada y clara los costos de los dos sistemas, ya que ambos involucran montaje electromecánico debido a su forma de diseño incluyendo así sus respectivos costos de imprevistos, mano de obra y transporte de materiales.

Para el sistema domiciliario, al presentar un diseño más sencillo respecto a los dos sistemas propuestos en este documento posee solamente un presupuesto general de insumos que permite visualizar los costos necesarios para poderlo llevar a cabo, dichos presupuestos se presentan a continuación:

Presupuestos

#### **Sistema convencional.**

En este apartado se presentan los diferentes costos de los elementos pertenecientes al sistema de electrificación convencional, para la comunidad la sombra en el departamento de Usulután.

En el presente presupuesto se seleccionaron los costos más bajos en el mercado nacional, a fin de brindar este servicio básico, el cual será una gran ayuda para mejorar la calidad de vida.

Se presentan la descripción de los elementos con su respectiva cantidad, su precio unitario y el total de cada elemento.

Se presenta un total de herrajes, un total de poste, y un total de elementos eléctricos, al igual un total de costos variables, estos costos son variables ya que al momento de la construcción dependerá del criterio del constructor, o en el caso del transformador de la empresa encargada de suministrar dicho elemento.

Es necesario mencionar que todos los costos están actualizados hasta julio de 2009, a continuación se detallan los presupuestos del sistema mencionado:

Presupuestos por estructura. Línea primaria.

DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD
TANGENTE SENCILLA	26
TANGENTE DOBLE	4
CORTE HORIZONTAL	1
CRUCE VERTICAL SENCILLO	1
CRUCE VERTICAL DOBLE REMATE	5
TRANSFORMADOR NEUTRO COMUN CON REMATE HORIZONTAL	1
<b>TOTAL ESTRUCTURAS</b>	<b>38</b>

Tabla 71: Estructuras a utilizar en distribución primaria.

TANGENTE SENCILLA - CANTIDAD 26					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS	PRECIO POR ELEMENTO	PRECIO TOTAL
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	52	\$9.50	\$494.00
11	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	1	26	\$6.00	\$156.00
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	52	\$0.50	\$26.00
28	Arandela Redonda 5/8" (15.9mm)	2	52	\$0.24	\$12.48
72	Espiga cabezote 18" (457.2mm)	1	26	\$4.10	\$106.60
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	2	52	\$1.80	\$93.60
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	2	52	\$1.65	\$85.80
<b>TOTAL</b>					<b>\$974.48</b>
<b>precio unitario total estructura</b>					<b>\$37.48</b>

Tabla 72: Detalle por estructura tangente sencilla unitario y total

<b>TANGENTE DOBLE - CANTIDAD 4</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD / ESTRUCTURAS</b>	<b>TOTAL DE ELEMENTOS</b>	<b>PRECIO POR ELEMENTO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>1</b>	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	8	\$9.50	\$76.00
<b>11</b>	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	2	8	\$6.00	\$48.00
<b>21</b>	Alambre para amarre S/R (metros)	2	8	\$0.50	\$4.00
<b>24</b>	Almohadilla para espiga cabezote	1	4	\$3.25	\$13.00
<b>72</b>	Espiga cabezote 18" (457.2mm)	2	8	\$4.10	\$32.80
<b>109</b>	Perno maquina 5/8 x 12" (15.9x254mm)	2	8	\$1.82	\$14.56
<b>112</b>	Perno maquina 5/8 x 6" (15.9x152.4mm)	2	8	\$1.78	\$14.24
<b>TOTAL</b>					\$202.60
<b>precio unitario total estructura</b>					\$50.65

Tabla 73: Detalle por estructura tangente doble unitario y total

<b>CORTE HORIZONTAL - CANTIDAD 1</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD / ESTRUCTURAS</b>	<b>TOTAL DE ELEMENTOS</b>	<b>PRECIO POR ELEMENTO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>1</b>	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	2	\$9.50	\$19.00
<b>11</b>	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	1	1	\$6.00	\$6.00
<b>17</b>	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	4	4	\$17.10	\$68.40
<b>21</b>	Alambre para amarre S/R (metros)	2	2	\$0.50	\$1.00
<b>24</b>	Almohadilla para espiga cabezote	1	1	\$3.25	\$3.25
<b>28</b>	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	3	3	\$0.24	\$0.72
<b>50</b>	Conector de compresión S/R	1	1	\$1.55	\$1.55
<b>72</b>	Espiga Cabezote 18" (457.2mm)	1	2	\$4.10	\$8.20
<b>110</b>	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	1	\$1.80	\$1.80
<b>113</b>	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	3	3	\$1.65	\$4.95
<b>116</b>	Perno todo rosca 5/8x12" (15.9x34mm)	1	1	\$1.82	\$1.82
<b>128</b>	Remate preformado S/R	2	2	\$3.95	\$7.90
<b>TOTAL</b>					\$124.59
<b>precio unitario total estructura</b>					\$31.15

Tabla 74: Detalle por estructura corte horizontal unitario y total.

<b>CRUCE VERTICAL SENCILLO - CANTIDAD 1</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD / ESTRUCTURAS</b>	<b>TOTAL DE ELEMENTOS</b>	<b>PRECIO POR ELEMENTO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>1</b>	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	1	\$9.50	\$9.50
<b>17</b>	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	2	2	\$17.10	\$34.20
<b>21</b>	Alambre para amarre S/R (metros)	2	2	\$0.50	\$1.00
<b>28</b>	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	2	\$0.24	\$0.48
<b>81</b>	Grapa angular S/R	1	1	\$2.30	\$2.30
<b>110</b>	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	1	\$1.80	\$1.80
<b>113</b>	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	1	1	\$1.65	\$1.65
<b>116</b>	Perno toda rosca 5/8 x 12" (15.9x254mm)	1	2	\$1.82	\$3.64
<b>146</b>	Tuerca argolla 5/8" (15.9mm)	1	1	\$0.98	\$0.98
<b>TOTAL</b>					\$55.55
<b>precio unitario total estructura</b>					\$55.55

Tabla 75: Detalle por estructura cruce vertical sencillo unitario y total.

<b>CRUCE VERTICAL DOBLE REMATE - CANTIDAD 5</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD / ESTRUCTURAS</b>	<b>TOTAL DE ELEMENTOS</b>	<b>PRECIO POR ELEMENTO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>1</b>	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	5	\$9.50	\$47.50
<b>17</b>	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	2	10	\$17.10	\$171.00
<b>28</b>	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	10	\$0.24	\$2.40
<b>49</b>	Clevis de remate S/R	2	10	\$2.45	\$24.50
<b>110</b>	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	5	\$1.80	\$9.00
<b>113</b>	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	1	5	\$1.65	\$8.25
<b>128</b>	Remate preformado S/R	2	10	\$3.95	\$39.50
<b>146</b>	Tuerca argolla 5/8" (15.9mm)	1	5	\$0.98	\$4.90
<b>TOTAL</b>					\$307.05
<b>precio unitario total estructura</b>					\$61.41

Tabla 76: Detalle por estructura cruce vertical doble remate unitario y total

<b>TRANSFORMADOR NEUTRO COMUN CON REMATE HORINZONTAL - CANTIDAD 1</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD / ESTRUCTURAS</b>	<b>TOTAL DE ELEMENTOS</b>	<b>PRECIO POR ELEMENTO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	1	\$9.50	\$9.50
2	Abrazadera completa 7-75/8" (177.8-193.7mm)	4	4	\$10.00	\$40.00
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	1	1	\$17.10	\$17.10
22	Alambre de cobre #4 desnudo (m)	30	30	\$3.25	\$97.50
23	Almohadilla para crucero	2	2	\$0.24	\$0.48
28	Arandela redonda 5/8"	3	3	\$7.50	\$22.50
37	Barra para polo a tierra 5/8" x8"	6	6	\$0.50	\$3.00
45	Cable de forro plástico	4	4	\$1.55	\$6.20
48	Cinta metálica Band-it 1/2"	5	5	\$2.00	\$10.00
50	Conector de compresión	2	2	\$40.00	\$80.00
51	Conector universal	1	1	\$1.75	\$1.75
53	Cortacircuito 15kv, 100 A	1	1	\$12.80	\$12.80
74	Estribo para grapa línea viva	1	1	\$3.10	\$3.10
75	Extensión para Cortacircuito y pararrayos	1	1	\$3.00	\$3.00
78	Fusible tipo T	1	1	\$90.00	\$90.00
83	Grapa para línea viva	1	1	\$1.82	\$1.82
84	Grapa para polo a tierra	4	4	\$1.80	\$7.20
103	Pararrayos tipo distribución 10kv	1	1	\$1.63	\$1.63
110	Perno maquina 5/8"x10"	3	3	\$16.25	\$48.75
113	Perno maquina 5/8"x2"	2	2	\$2.00	\$4.00
114	Perno maquina 1/2"x1 1/2"	2	2	\$2.00	\$4.00
144	Tubo de acero galvanizado 1/2" (m)	4	4	\$4.00	\$16.00
	Transformador tipo poste monofásico de 15KVA ABB	1	1	\$1,200.00	\$1,200.00
<b>TOTAL</b>					\$1,680.33
<b>precio unitario total estructura</b>					\$1,680.33

Tabla 77: Detalle por estructura transformador neutro común con remate horizontal unitario y total

<b>TOTAL ESTRUCTURAS PRIMARIAS COMPLETAS</b>	<b>\$3,344.60</b>
--	-------------------

Tabla 78: Precio total estructuras completas.

Presupuestos por estructura. Línea secundaria.

DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD
TANGENTE SECUNDARIA CON DERIVACION	4
TANGENTE SECUNDARIA	4
REMATE SECUNDARIA	13
TOTAL ESTRUCTURAS	21

Tabla 79: Estructuras a utilizar en distribución dentro de la comunidad.

TANGENTE SECUNDARIA CON DERIVACION – CANTIDAD 4					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS	precio unitario	precio total
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4	\$9.50	\$38.00
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8	\$8.00	\$64.00
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	4	\$0.50	\$2.00
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8	\$0.24	\$1.92
50	Conector de compresión	1	4	\$1.55	\$6.20
73	Estribo para carrete	1	4	\$4.90	\$19.60
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4	\$1.70	\$6.80
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4	\$1.65	\$6.60
128	Remate preformado	1	4	\$3.95	\$15.80
<b>TOTAL</b>					\$160.92
<b>precio unitario total estructura</b>					\$40.23

Tabla 80: Detalle por estructura tangente secundaria con derivación unitario y total.

TANGENTE SECUNDARIA – CANTIDAD 4					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS	precio unitario	precio total
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4	\$9.50	\$38.00
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8	\$8.00	\$64.00
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	4	\$0.50	\$2.00
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8	\$0.24	\$1.92
50	Conector de compresión	1	4	\$1.55	\$6.20
73	Estribo para carrete	1	4	\$4.90	\$19.60
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4	\$1.70	\$6.80
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4	\$1.65	\$6.60

<b>TOTAL</b>	\$145.12
<b>precio unitario total estructura</b>	\$36.28

Tabla 81: Detalle por estructura Tangente secundaria unitario y total.

<b>REMATE SECUNDARIA – CANTIDAD 13</b>					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS	precio unitario	precio total
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	13	\$9.50	\$123.50
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	26	\$8.00	\$208.00
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	26	\$0.24	\$6.24
73	Estribo para carrete	1	13	\$4.90	\$63.70
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	13	\$1.70	\$22.10
113	perno maquina 5/8"x2"	1	13	\$1.65	\$21.45
128	Remate preformado	1	13	\$3.95	\$51.35
<b>TOTAL</b>					\$496.34
<b>precio unitario total estructura</b>					\$38.18

Tabla 82: Detalle por estructura remate secundaria unitario y total.

<b>TOTAL ESTRUCTURAS SECUNDARIAS COMPLETAS</b>	<b>\$802.38</b>
<b>TOTAL DE ESTRUCTURAS</b>	<b>\$4,146.98</b>

Tabla 83: Precio total estructuras completas.

<b>PRESUPUESTO GENERAL SISTEMA CONVENCIONAL</b>			
DESCRIPCION	CANTIDAD DE ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL
Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	91	\$ 9.50	\$ 864.50
Alambre para amarre S/R (metros)	162	\$ 0.50	\$ 81.00
Arandela Redonda 5/8" (15.9mm)	214	\$ 0.24	\$ 51.36
Espiga cabezote 18" (457.2mm)	57	\$ 4.10	\$ 233.70
Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	106	\$ 1.80	\$ 190.80
Perno maquina 5/8 x 12" (15.9x254mm)	10	\$ 1.82	\$ 18.20
Perno maquina 5/8 x 6" (15.9x152.4mm)	8	\$ 1.78	\$ 14.24
Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	166	\$ 1.65	\$ 273.90
Almohadilla para espiga cabezote	27	\$ 3.25	\$ 87.75
Conector de compresión S/R	1	\$ 1.55	\$ 1.55
Remate preformado S/R	13	\$ 3.95	\$ 51.35
Grapa angular S/R	1	\$ 2.30	\$ 2.30

Tuerca argolla 5/8" (15.9mm)	1	\$ 0.98	\$ 0.98
Clevis de remate S/R	1	\$ 2.45	\$ 2.45
Abrazadera completa 7-75/8" (177.8-193.7mm)	4	\$ 2.65	\$ 10.60
Alambre de cobre #4 desnudo (m)	30	\$ 1.75	\$ 52.50
Almohadilla para crucero	2	\$ 3.45	\$ 6.90
Cinta metálica Band-it 1/2"	5	\$ 0.50	\$ 2.50
Conector universal	1	\$ 2.10	\$ 2.10
Estribo para grapa línea viva	1	\$ 1.75	\$ 1.75
Grapa para línea viva	1	\$ 3.10	\$ 3.10
Grapa para polo a tierra	4	\$ 3.00	\$ 12.00
Perno maquina 1/2"x1 1/2"	2	\$ 1.50	\$ 3.00
Tubo de acero galvanizado 1/2" (m)	4	\$ 16.25	\$ 65.00
Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	18	\$ 8.00	\$ 144.00
Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	57	\$ 6.00	\$ 342.00
Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	9	\$ 17.10	\$ 153.90
Estribo para carrete	9	\$ 4.90	\$ 44.10
Perno maquina 5/8"x8"	17	\$ 1.70	\$ 28.90
Grapa un perno.	1	\$ 1.25	\$ 1.25
Tuerca argolla 5/8" con canal	2	\$ 0.89	\$ 1.78
Pararrayos tipo distribución 10kv	1	\$ 90.00	\$ 90.00
Fusible tipo T	1	\$ 12.80	\$ 12.80
Cortacircuito 15kv, 100 A	1	\$ 40.00	\$ 40.00
Barra para polo a tierra 5/8" x8"	1	\$ 7.50	\$ 7.50
<b>TOTAL DE HERRAJES</b>			\$ 2,892.26
Postes metálico 35´	38	\$ 354.00	\$13,452.00
Postes metálico 26´	20	\$ 236.00	\$ 4,720.00
<b>TOTAL POSTES</b>			\$18,172.00
Pigeon AWG 3/0 (metros)	1121	\$ 18.58	\$20,828.18
Conductor Sparrow 2 AWG (metros)	2000	\$ 7.43	\$14,860.00
Transformador tipo poste monofásico de 15KVA ABB	1	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
<b>TOTAL ELEMENTOS ELECTRICOS</b>			\$36,888.18
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>			\$57,952.44
Total instalación de transformador	1	\$ 1,235.00	\$ 1,235.00
Pruebas de transformador	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Improvisto (5%)	1	\$ 2,897.62	\$ 2,897.62
Total mano de obra por instalación (25%)	1	\$ 14,488.11	\$14,488.11
Transporte de materiales (10%)	1	\$ 5,795.24	\$ 5,795.24
<b>TOTAL DE COSTOS VARIABLES.</b>			\$24,440.98
<b>TOTAL DE PRESUPUESTO</b>			\$ 82,393.42

Tabla 84: Presupuesto general sistema convencional.

Representación gráfica presupuesto red convencional.

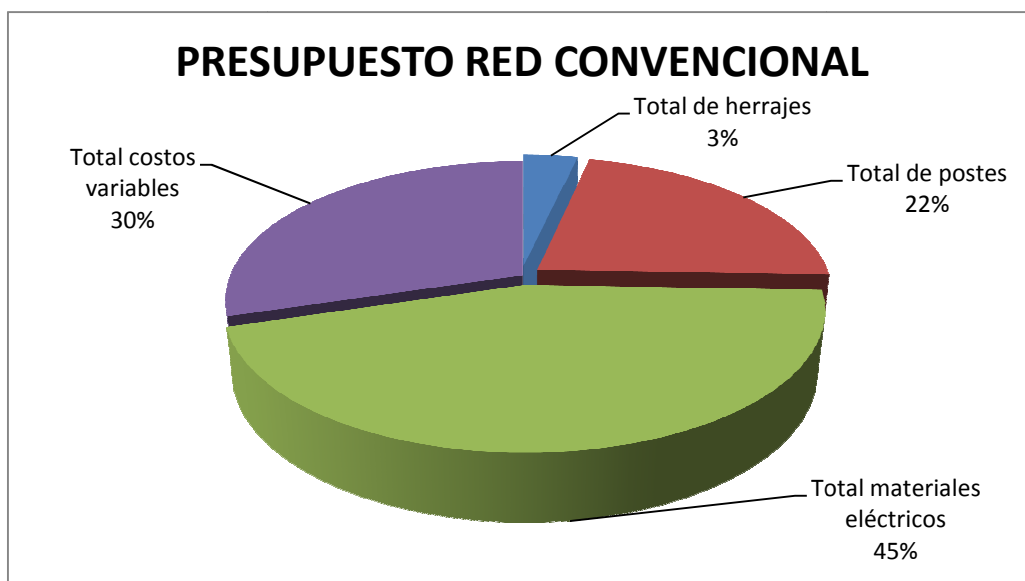


Ilustración 53: Grafica costos red convencional.

### Sistemas fotovoltaicos

La inversión necesaria para adquirir un sistema fotovoltaico depende de varios factores, por ejemplo: los precios internacionales del mercado fotovoltaico, la disponibilidad local de distribuidores e instaladores de equipos fotovoltaicos, la ubicación y demanda energética de los usuarios. Las características particulares de todos los equipos necesarios para satisfacer la demanda energética (en calidad, cantidad y capacidad), la distancia y la facilidad de acceso entre el lugar de venta de los equipos y el lugar donde se instalará el sistema (en cantidad de kilómetros por recorrer en vehículo todo terreno, en vehículo normal, en bestia o caminando), y los márgenes de ganancia de vendedores e instaladores de equipos (generalmente entre el 10- 30%), son factores que determinan en gran medida la cantidad de dinero que el usuario final invertirá para electrificar su viviendas.

#### Sistema mini parque fotovoltaico

Se muestran a continuación los costos generales de los materiales, dispositivos electrónicos, paneles fotovoltaicos, conductores y herrajes necesarios para llevar acabo la obra eléctrica en el lugar beneficiado con el proyecto fotovoltaico, estos

insumos representan aproximadamente el 50% del monto total de la instalación y los elementos más importantes de la instalación. se incorporan a estos además, los costos de obra civil, las cuales en un proyecto de esta clase junto con la mano de obra y el transporte de materiales representa un aproximado de 20% de la inversión inicial, incrementando de esta manera el monto total de la construcción del proyecto.

La obra civil presupuestada comprende la construcción del cuarto de control de dimensiones (3 x 3 x 2) mts y la construcción de la loza de hormigón donde se instalaran los paneles ya perfectamente ubicados de dimensiones (5 x 4 x 0.25) mts. Dentro del presupuesto se incluye los costos individuales por estructura a utilizar en la distribución dentro de la comunidad, esto se realiza para poder tener una representación de cuanto es la variación del monto inicial de acuerdo a distancia y puntos de distribución.

Presupuestos por estructura, Línea de distribución. Sistema Mini parque

DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD
TANGENTE SECUNDARIA CON DERIVACION	4
TANGENTE SECUNDARIA	4
REMATE SECUNDARIA	13
TOTAL ESTRUCTURAS	21

Tabla 85: Estructuras a utilizar en distribución dentro de la comunidad.

TANGENTE SECUNDARIA CON DERIVACION - CANTIDAD 4					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS	precio unitario	precio total
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4	\$9.50	\$38.00
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8	\$8.00	\$64.00
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	4	\$0.50	\$2.00
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8	\$0.24	\$1.92
50	Conector de compresión	1	4	\$1.55	\$6.20
73	Estribo para carrete	1	4	\$4.90	\$19.60
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4	\$1.70	\$6.80
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4	\$1.65	\$6.60

128	Remate preformado	1	4	\$3.95	\$15.80
<b>TOTAL</b>					\$160.92
<b>precio unitario total estructura</b>					\$40.23

Tabla 86: Detalle por estructura tangente secundaria con derivación unitario y total.

<b>TANGENTE SECUNDARIA – CANTIDAD 4</b>					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS	precio unitario	precio total
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4	\$9.50	\$38.00
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8	\$8.00	\$64.00
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	4	\$0.50	\$2.00
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8	\$0.24	\$1.92
50	Conector de compresión	1	4	\$1.55	\$6.20
73	Estribo para carrete	1	4	\$4.90	\$19.60
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4	\$1.70	\$6.80
113	perno maquina 5/8"x2"	1	4	\$1.65	\$6.60
<b>TOTAL</b>					\$145.12
<b>precio unitario total estructura</b>					\$36.28

Tabla 87: Detalle por estructura Tangente secundaria unitario y total.

<b>REMATE SECUNDARIA – CANTIDAD 13</b>					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS	precio unitario	precio total
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	13	\$9.50	\$123.50
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	26	\$8.00	\$208.00
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	26	\$0.24	\$6.24
73	Estribo para carrete	1	13	\$4.90	\$63.70
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	13	\$1.70	\$22.10
113	perno maquina 5/8"x2"	1	13	\$1.65	\$21.45
128	Remate preformado	1	13	\$3.95	\$51.35
<b>TOTAL</b>					\$496.34
<b>precio unitario total estructura</b>					\$38.18

Tabla 88: Detalle por estructura remate secundaria unitario y total.

<b>TOTAL ESTRUCTURAS COMPLETAS</b>	<b>\$802.38</b>
------------------------------------	-----------------

Tabla 89: Precio total estructuras completas.

<b>PRESUPUESTO GENERAL MINIPARQUE FOTOVOLTAICO</b>				
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	precio unitario	precio total
1	Cable WP AWG # 4	1000	\$6.00	\$6,000.00
2	Cable Radox 6 mm <sup>2</sup> (10AWG)	25	\$2.50	\$62.50
3	Cable Radox 4 mm <sup>2</sup> (12 AWG)	50	\$1.73	\$86.50
4	tubos conduit 1/2" (12 pies)	3	\$11.20	\$33.60
5	Coraza 1/2"	10	\$20.00	\$200.00
6	Conectores 1/2"	12	\$1.50	\$18.00
7	Terminales de ojo 10-14	30	\$0.73	\$21.90
8	Riel estruct (12 pies)	10	\$26.80	\$268.00
9	caja térmica 1 circuito	1	\$10.00	\$10.00
10	Protección termomagnética 30 Amperios	1	\$9.50	\$9.50
11	Postes metálicos atlas 26 pies	21	\$236.00	\$4,956.00
12	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	21	\$9.50	\$199.50
13	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	42	\$8.00	\$336.00
14	Alambre para amarre S/R (metros)	8	\$0.50	\$4.00
15	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	42	\$0.24	\$10.08
16	Conector de compresión	8	\$1.55	\$12.40
17	Estribo para carrete	21	\$4.90	\$102.90
18	Perno maquina 5/8"x8"	21	\$1.70	\$35.70
19	perno maquina 5/8"x2"	21	\$1.65	\$34.65
20	Remate preformado	17	\$3.95	\$67.15
21	Panel Solar 120W Monocristalino PS120M Juncoop	12	\$525.00	\$6,300.00
22	Baterías de Gel Trojan Ciclo profundo 27-GEL	8	\$160.00	\$1,280.00
23	Terminales de bronce para baterías	16	\$5.00	\$80.00
24	Inversor 1500W 12V Senoidal Pura Digital	1	\$175.00	\$175.00
25	Regulador de carga Xantrex Serie C C35/C40	1	\$375.00	\$375.00
26	Obra civil, cuarto de control 3x3x2 metros.	1	\$1,450.00	\$1,450.00
27	Obra civil, loza de hormigón 5x4x0.25 metros.	1	\$625.00	\$625.00
28	Barra cooperwell 3"	1	\$8.00	\$8.00
29	Alambre THHN # 10 (metros)	3	\$1.50	\$4.50
30	Cepo de cobre 1/2" para barra cooperwell	1	\$2.00	\$2.00
31	Pernos 1/4" x 6" completos con tuerca y arandela (libra)	5	\$5.00	\$25.00
32	Estructuras en L de acero inoxidable para soporte marco de paneles solares	8	\$3.00	\$24.00

33	Platinas de acero inoxidable 3" x 1.5"	10	\$2.00	\$20.00
34	caja térmica 1 circuito	14	\$10.00	\$140.00
35	Protección termomagnética 15 Amperios	14	\$5.00	\$70.00
36	Soporte técnico profesional adicional	1	\$1,860.00	\$1,860.00
37	Cable duplex THHN # 12 (metros)	150	\$0.85	\$127.50
38	Tomas dobles 350W completos	15	\$4.00	\$60.00
39	Cable duplex THHN # 14 (metros)	230	\$0.50	\$115.00
40	Receptáculos	28	\$0.60	\$16.80
41	Cinta aislante 3M color negro	3	\$3.00	\$9.00
42	Tecno ducto 1/2" (rollo)	2	\$10.00	\$20.00
43	Lamina galvanizada 1/8" (metro)	3	\$1.00	\$3.00
44	Clavos 2" (libra)	2	\$1.70	\$3.40
<b>TOTAL</b>				<b>\$25,191.58</b>
<b>Improvisto (%)</b>		<b>5%</b>	<b>\$1,259.58</b>	
<b>Total mano de obra por instalación (%)</b>		<b>25%</b>	<b>\$6,297.90</b>	
<b>Transporte de materiales (%)</b>		<b>10%</b>	<b>\$2,519.16</b>	
<b>TOTAL PROYECTO</b>				<b>\$35,268.21</b>

Tabla 90: Lista de materiales, conglomerado general de sistema mini parque fotovoltaico.

Representación gráfica presupuesto sistema mini parque fotovoltaico.

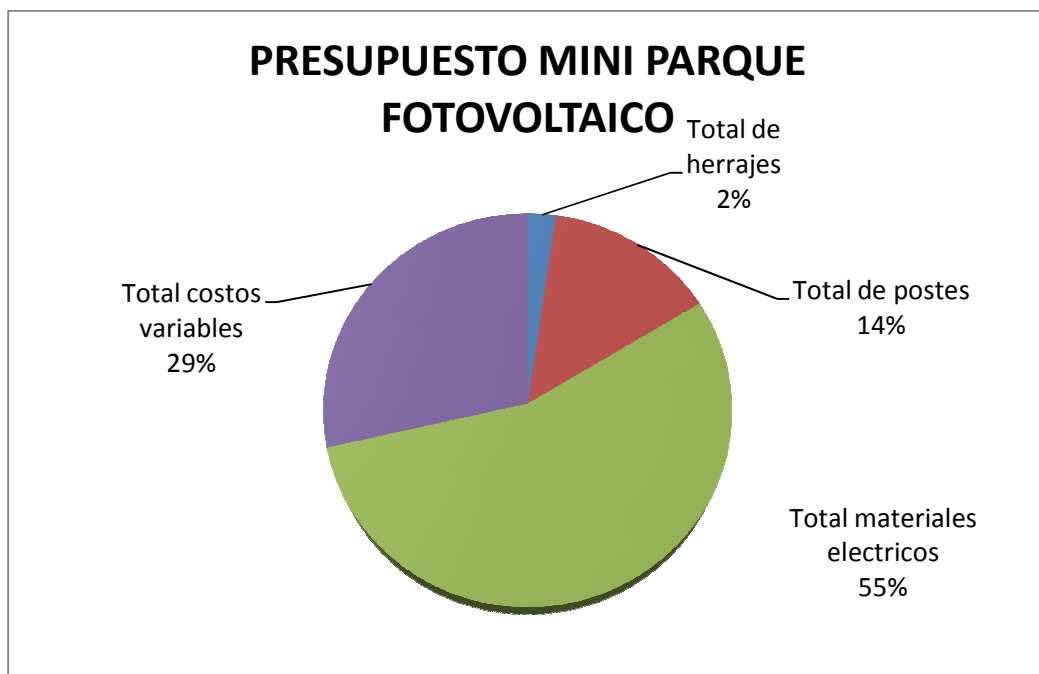


Ilustración 54: Grafico costos mini parque fotovoltaico.

## Sistema fotovoltaico domiciliario

El costo inicial total de un sistema fotovoltaico individual típico en nuestro país, para aplicaciones domésticas se estima entre US\$ 800 y US\$ 2.000, el cual incluye los equipos, el transporte y la instalación. De esta cantidad, los montos de mayor relevancia son aproximadamente un 30% correspondiente al módulo fotovoltaico, y un aproximado de 15 % a la batería, al inversor, al transporte y a la mano de obra respectivamente, tal y como se muestra gráficamente en la ilustración 34. Sin embargo, la experiencia dice que para viviendas rurales muy alejadas y con vías de difícil acceso, el costo de transporte suele ascender del 10 al 30% del costo inicial.

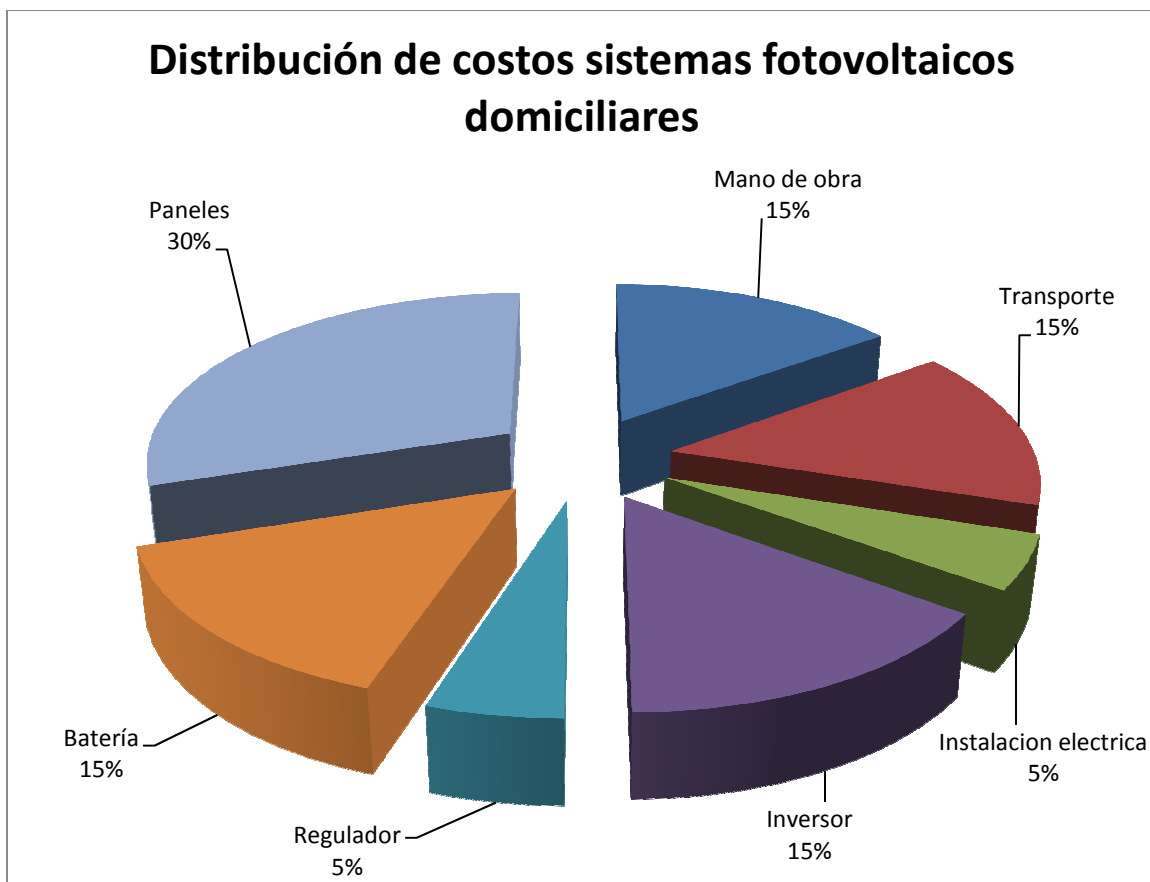


Ilustración 55: Distribución de costos aproximados de sistemas fotovoltaicos domiciliarios.

Presupuesto del sistema domiciliario fotovoltaico.

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	precio unitario	precio total
1	Cable duplex THHN # 12 (metros)	150	\$0.85	\$127.50
2	Tomas dobles 350W completos	15	\$4.00	\$60.00
3	Cable duplex THHN # 14 (metros)	230	\$0.50	\$115.00
4	Receptaculos	28	\$0.60	\$16.80
5	Cinta aislante 3M color negro	3	\$3.00	\$9.00
6	Panel Solar 120W Monocristalino PS120M Juncoop	14	\$525.00	\$7,350.00
7	Baterías de Gel Trojan Ciclo profundo 27-GEL	28	\$160.00	\$4,480.00
8	Terminales de bronce para baterías	28	\$5.00	\$140.00
9	tubos conduit 1/2" (12 pies)	28	\$11.20	\$313.60
10	Coraza 1/2"	28	\$20.00	\$560.00
11	Terminales de ojo 10-14	50	\$0.73	\$36.50
12	caja térmica 1 circuito	14	\$10.00	\$140.00
13	Protección termomagnética 15 Amperios	14	\$5.00	\$70.00
14	soporte metálico con marco para paneles	14	\$125.00	\$1,750.00
15	Inversor 1500W 12V Senoidal Pura Digital	14	\$70.00	\$980.00
16	Regulador de carga Xantrex Serie C C35/C40	14	\$150.00	\$2,100.00
17	Barra cooperwell 3"	14	\$8.00	\$112.00
18	Cepo de cobre 1/2" para barra cooperwell	14	\$2.00	\$28.00
19	Cable Radox 10 mm <sup>2</sup> (8AWG)	140	\$3.71	\$519.40
20	Pernos 1/4" x 6" completos con tuerca y arandela (libra)	5	\$5.00	\$25.00
<b>TOTAL COMUNIDAD</b>				<b>\$18,932.80</b>
<b>TOTAL POR HOGAR</b>				<b>\$1,352.34</b>
<b>Improvisto (%)</b>			<b>5%</b>	<b>\$946.64</b>
<b>Total mano de obra por instalación (%)</b>			<b>25%</b>	<b>\$ 4,733.20</b>
<b>Transporte de materiales (%)</b>			<b>10%</b>	<b>\$ 1,893.28</b>
<b>TOTAL PROYECTO</b>				<b>\$26,505.92</b>

Tabla 91: Lista de materiales, conglomerado general de sistema domiciliario fotovoltaico.

## Representación grafica presupuesto sistema domiciliario fotovoltaico

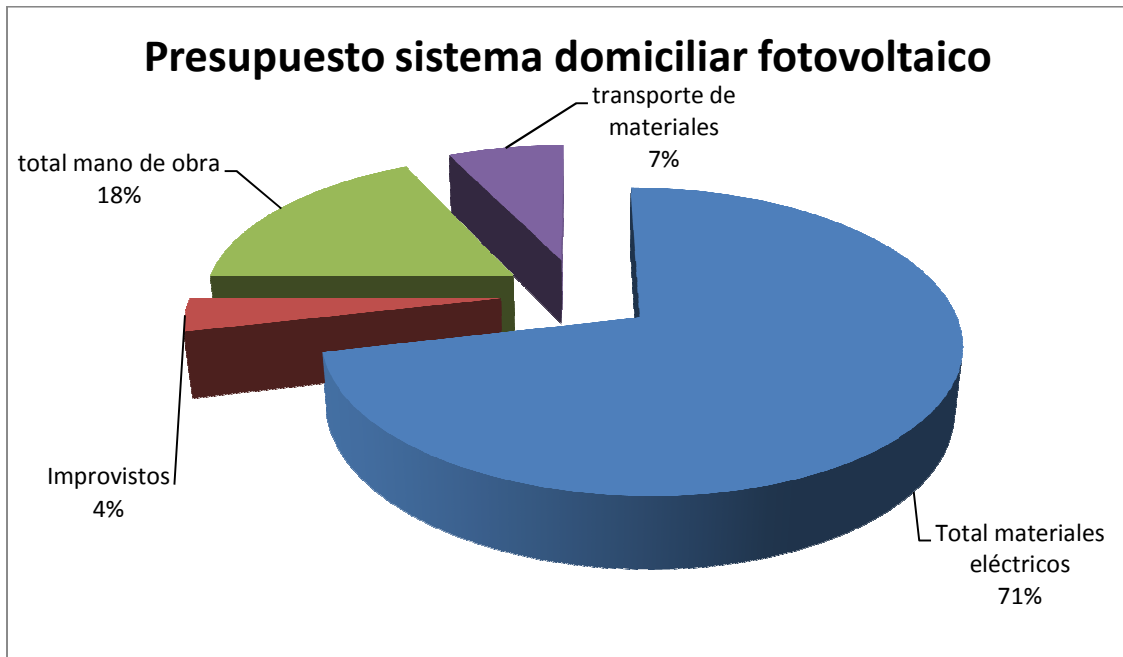


Ilustración 56: Grafico costos sistema domiciliario fotovoltaico.

### COMPARACIÓN Y EVALUACION DE SISTEMAS.

Cuando hablamos de una evaluación económica nos referimos a la comparación de las inversiones iniciales de cada sistema, ya que no se puede realizar un análisis complejo que involucre factores, como tiempo de recuperación de la inversión, flujos de caja, amortización, etc. Ya que las personas de la comunidad no son las que buscan un financiamiento para invertir en un proyecto que les sea rentable en el futuro, este tipo de proyectos de electrificación rural en lugares remotos, donde habitan personas de pobreza extrema, generalmente son donados, por instituciones no gubernamentales, estatales o países desarrollados que buscan mejorar la calidad de vida de las personas de países en vías de desarrollo.

Al observar los montos obtenidos después de realizar el presupuesto de las 3 alternativas en estudio, nos damos cuenta que la opción mas factible desde el punto de vista económico, es el sistema fotovoltaico domiciliario. Aunque se llevara acabo un análisis que involucre variables como, distancia, dinero, personas, etc. Con el fin de

Llegar a una conclusión mas acertada, evaluando factores que no se basan únicamente en montos financieros.

Para poder conocer cifras concretas del sistema convencional respecto a la opción fotovoltaica, se procedió a una valoración tomando en cuenta factores como distancia de la red eléctrica propuesta, población beneficiada por el proyecto, numero de familias que utilizarán el servicio, y se realizó además una comparación entre los sistemas fotovoltaicos respecto a la red convencional.

Dichos valores se obtienen formando una regla de tres, la cual presenta datos precisos que exhiben una noción del monto necesario para poder llevar a cabo la ampliación de la red respecto a parámetros que deben tomarse en cuenta y que puede o no hacerla factible en otras condiciones.

La idea de poseer datos de inversión con respecto a variables como metros de línea o número de beneficiarios es contar de una manera rápida el monto de inversión respecto a variables conocidas.

A continuación se presentan las evaluaciones realizadas:

Evaluación en función de la distancia con la red eléctrica.

Monto de la inversión para poder realizar el total de metros de línea : \$ 82,393.42

Monto de la inversión para poder realizar 100 metros de línea : \$ 2,639.96

Total de metros de línea : 3,121 mts,

Secciones de metros para evaluación: 100 mts.

Esta evaluación muestra que cada 100 metros de red convencional expandida cuesta \$ 2,639.96.

Evaluación en función de la población del caserío la sombra.

Monto de inversión por total de habitantes de la comunidad: \$ 82,393.42

Monto de la inversión por muestra de habitantes de la comunidad: \$1,647.87

Numero total de personas beneficiarias: 50 personas.

Numero de muestra de habitantes de la comunidad : 1 persona

La evaluación anterior muestra el costo por persona que implicaría la expansión de la red convencional para llevar a cabo la electrificación en el caserío

Evaluación en función del número de familias.

Monto de la inversión por total de familias de la comunidad : \$ 82,393.42

Monto de la inversión por familia: \$ 5,885.24

Numero de familias beneficiarias: 14 familias.

Numero de muestra de la familias en la comunidad : 1 familia

La valoración muestra el costo por familia que implicaría la expansión de la red convencional para llevar a cabo la electrificación en el caserío.

Sistema domiciliar fotovoltaico versus red convencional.

Monto total sistema domiciliar: \$26,505.92

Monto total extensión red convencional: \$82,393.42

Distancia total extensión de red convencional: 3,121 mts

Distancia de equilibrio de costos en los dos sistemas: 1,004 mts

La comparación anterior muestra la cantidad de metros que tendría que extenderse la red convencional, para que la inversión fuese igual a la alternativa del sistema fotovoltaico domiciliario.

#### Red convencional versus Sistema Domiciliar

Monto total sistema Domiciliar por vivienda: \$1,893.28

Monto total extensión red convencional: \$82,393.42

Distancia total extensión de red convencional: 3,121 mts

Distancia de equilibrio de costos en los dos sistemas: 71.7 mts

Si la electrificación rural fuera para una casa, a una distancia de 71.7 metros de la línea existente, es más factible realizar la expansión de la línea, percatándose antes de que la vivienda esté dentro de la distancia radial permitida del transformador que abastece la línea secundaria ya existente y que este mismo tenga la capacidad en KVA para suplir la demanda de otro grupo de cargas.

#### Red convencional versus Mini parque fotovoltaico

Monto total sistema mini parque fotovoltaico: \$35,268.21

Monto total extensión red convencional: \$82,393.42

Distancia total extensión de red convencional: 3,121 mts

Distancia de equilibrio de costos en los dos sistemas: 1,336 mts

La comparación muestra la cantidad de metros que tendría que extenderse la red convencional, para que la inversión fuese igual a la alternativa del mini parque fotovoltaico.

Sabiendo los datos anteriores, concluimos que si la línea expandida de la red convencional midiera una distancia igual o menor a 1,004.02 metros, igualaría el costo del sistema individual y estaría por debajo de los costos del mini parque, por lo tanto económica sería más factible realizar la extensión de la red que la creación de un sistema fotovoltaico, ya sea domiciliar o mini parque.

Al incrementarse la distancia hasta 1,336 mts. Se sobrepasa la inversión del sistema individual y se iguala el costo del mini parque, mostrándonos lo costoso de la red convencional, presentándola como menos factible y poco atractiva para la inversión, colocando a los sistemas fotovoltaicos como la mejor opción para la electrificación rural.

Comparando los resultados de las valoraciones anteriores se concluye que económicamente es más factible usar un sistema domiciliar fotovoltaico cuando la distancia entre el último punto de entrega de energía eléctrica o la última extensión de línea de distribución hasta la comunidad a suplir de energía eléctrica esté alejada más de 1000 metros, por debajo de esta distancia la realización de una extensión de la red convencional es más confiable, segura, aceptable, atractiva, factible y razonable.

### **Ventajas y desventajas de alternativas propuestas.**

Red Convencional:

Ventajas.

1. Resaltan su simplicidad y la facilidad que presentan para ser equipadas de protecciones selectivas.
2. Tiene la posibilidad de alimentar alternativamente a otras comunidades cercanas, siempre y cuando se realice el estudio y trámites necesarios.
3. Como ventaja fundamental podemos citar su seguridad de servicio y facilidad de mantenimiento.
4. Mayor eficiencia en el transporte y distribución de la electricidad.

5. Alimentación de todo tipo de cargas sin importar tipo ni cantidad que se presente en cada hogar.
6. Versatilidad de diseño y construcción de la línea, pudiendo disminuir costos cuando estos se estimen convenientes.
7. Las distribuidoras cuentan con lo económica y materialmente necesario para llevar a cabo este tipo de proyectos, siempre y cuando sea factibles realizarlos.
8. No está sujeto a variaciones del recurso energético.
9. Los costos del sistema y de cada uno de sus componentes son conocidos.
10. Existe una larga experiencia en este tipo de proyectos y empresas dedicadas a este rubro.

#### Desventajas.

1. La instalación del sistema representa una gran inversión inicial
2. Para mantenimientos o maniobras que la empresa distribuidora programe en la zona, el servicio en la comunidad será suspendido por un tiempo definido.
3. En caso de falla en la línea de distribución la comunidad quedara sin servicio eléctrico.
4. La búsqueda de financiamiento para la ejecución de la obra.
5. Se necesita mano de obra calificada para realizar la obra, y la empresa distribuidora, al subcontratar el servicio de ejecución del proyecto incurre en un gasto extra que puede variar según la compañía que realice la acción, y los movimientos económicos en el mercado.
6. La baja rentabilidad de proyectos de esta índole, hace poco atractivo para las empresas invertir y desarrollar proyectos rurales.
7. Parte de la energía que se esta proporcionando, proviene de generadoras que dañan el medio ambiente.
8. Tiempo de respuesta lento para daños y fallas en la línea de distribución por condiciones ambientales y problemas externos en zonas remotas y aisladas.
9. Priorización de los problemas de la distribuidora por numero clientes sin servicio.

10. El cobro de la energía eléctrica está sujeto a los cambios en el mercado, sin importar la zona en la cual se da el servicio ni la escasez económica de los clientes.

## Sistemas fotovoltaicos

### *Ventajas:*

1. Fuente de energía casi universalmente disponible.
2. Alta correlación entre energía disponible y necesitada de agua.
3. Bajo impacto ambiental.
4. Cero costos de combustible.
5. Larga vida útil.
6. Mantenimiento y costos de operación prácticamente nulos.
7. Puede ser operado por personal no calificado.
8. Cómodo para sistemas de cualquier tamaño.

### *Desventajas:*

1. Alto costo relativo de la inversión inicial.
2. Entrega sujeta a la variación de la radiación solar.
3. Es irregular, exige fuentes de alimentación fiables o medios de almacenamiento así, debido al elevado coste del almacenamiento de la energía, un pequeño sistema autónomo resulta raramente económico, excepto en situaciones aisladas, cuando la conexión a la red de energía implica costos más elevados.
4. La cantidad de energía producida es limitada y alcanza solamente para las necesidades básicas de electricidad.

Los sistemas fotovoltaicos son una opción válida para la electrificación rural cuando:

- Las viviendas pertenecen a sus respectivos propietarios.
- No existe la posibilidad técnica o económica de llevar la red eléctrica convencional hasta cada una de las viviendas.

- Las familias demandan cantidades moderadas de energía.

Sistema centralizado (mini parque):

Cuando los domicilios por electrificar se encuentran ubicados relativamente próximos entre ellos, la opción más apropiada puede ser un sistema fotovoltaico centralizado debido a que la concentración de equipos y energía ofrece ventajas desde los puntos de vista técnico y económico.

Un sistema centralizado es un sistema fotovoltaico capaz de satisfacer la demanda energética de una comunidad con electricidad que se produce, almacena y transforma en un sistema fotovoltaico central y que luego se distribuye, a través de líneas eléctricas, hasta cada una de las viviendas.

Los sistemas centralizados tienen la misma estructura que un sistema fotovoltaico individual con suministro AC, la diferencia fundamental radica en que los sistemas centralizados son capaces de proveer energía en cantidades y en calidades muy superiores que la energía producida por un sistema fotovoltaico individual. Sin embargo, las características fundamentales de los sistemas centralizados son la concentración de equipos y la distribución de electricidad; no siendo así la cantidad de energía que estos sistemas producen.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

1. Mejor calidad en el suministro de energía eléctrica: Los sistemas centralizados proveen energía de gran calidad gracias a la utilización de inversores de mayor calidad. Por lo tanto, los usuarios pueden utilizar en sus hogares aparatos eléctricos o electrónicos que requieran un suministro de energía estable y seguro.
2. Mayor robustez del sistema: Los equipos utilizados en los sistemas centralizados son construidos especialmente para resistir incrementos breves, pero intensos, de demanda de energía eléctrica. Además, la utilización de cargas altamente inductivas (por ejemplo, motores) no representa ningún problema. También, estos sistemas poseen protecciones contra descargas

atmosféricas, contra abuso de la capacidad de los sistemas, alarmas contra sobre descarga, protecciones contra cortocircuitos, etc.

3. Menor costo de la energía: La cualidad más importante de los sistemas fotovoltaicos centralizados, e interesante desde el punto de vista económico, es que permiten obtener energía a un costo más bajo que el de aquella que se obtiene con sistemas individuales. La disminución de los costos de producción de energía depende de la cantidad de viviendas y de cuan dispersas se encuentren éstas. Cuanto mayor sea el número de viviendas y menor la distancia entre ellas, menor será el costo de la energía.
4. Menor impacto ambiental: Otra ventaja de los sistemas centralizados es su bajo impacto ambiental. No existe la posibilidad de la contaminación producida por el abandono de baterías usadas con poca capacidad dado que la energía se acumula en un banco central de baterías de larga vida útil.
5. Distribución centralizada: La desventaja más importante de los sistemas centralizados es la distribución equitativa de la energía entre la comunidad. La distribución centralizada requiere de la instalación de medidores de energía en cada vivienda. Esto normalmente no se hace debido al considerable incremento de costos que implica. Por lo tanto, siempre existirían problemas ocasionados por algunos usuarios que abusan de la disponibilidad de energía del sistema y de la falta de información que permita cobrar a cada familia, según su consumo energético.

#### Sistema domiciliario

Los sistemas domiciliarios AC se pueden considerar como una ampliación de los equipos y capacidades de un sistema domiciliario DC. La diferencia fundamental que existe entre ambos sistemas es que el primero dispone de un inversor electrónico para transformar la tensión de 12 V de corriente directa a 120 V de corriente alterna. En cuanto al resto de componentes, ambos sistemas son idénticos.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

- El sistema puede proveer energía tanto a 120 V de corriente alterna como a 12 V de corriente directa:
- La consecuencia más importante de esto es que se pueden utilizar lámparas y electrodomésticos a 120 V, los cuales son más comunes, más baratos y más fáciles de adquirir que los aparatos a 12 V; o, se puede utilizar directa y simultáneamente aparatos que naturalmente ya funcionan a 12 V, por ejemplo radios para automóviles, televisores B/N portátiles, etc.
- Esta flexibilidad en el uso de aparatos AC y DC es una de las cualidades más importantes de los sistemas domiciliarios AC.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.

La tecnología fotovoltaica tiene una serie de ventajas exclusivas si la comparamos con las tecnologías de generación de electricidad convencionales. Los sistemas fotovoltaicos se pueden diseñar para una variedad de aplicaciones y puede ser usado ya sea centralizada o para la generación de energía distribuida. Sistemas fotovoltaicos no tienen partes móviles, son de tipo modular, fácilmente ampliables e incluso, en algunos casos, transportables. La luz solar es gratuita, y ningún ruido o contaminación se crea a partir del funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos no requieren el uso de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural en el proceso de producción de energía. Sistemas fotovoltaicos que están bien diseñados y correctamente instalados requieren un mantenimiento mínimo y tienen larga vida útil si se mantienen de forma adecuada (limpios y protegidos), los paneles pueden durar hasta treinta años o más. Otros aspectos del sistema, tales como la batería, tienen mucho más corto el ciclo de vida y puede que necesite ser reemplazado después de varios años de uso.

Se indica que hay muchos otros beneficios a considerar cuando se elige la tecnología fotovoltaica:

- **Fiabilidad:** Aun en las más duras condiciones, los sistemas fotovoltaicos mantienen el suministro de energía eléctrica. En comparación, las tecnologías convencionales suelen suspender el suministro de energía en situaciones críticas.
- **Durabilidad:** La mayoría de módulos fotovoltaicos disponibles en la actualidad no muestran degradación después de diez años de uso. Con el constante avance en los sistemas de energía solar, es probable que en el futuro los módulos no muestren signos de degradación hasta después de 25 años o más. Los módulos fotovoltaicos producen más energía en su vida que la que se necesita para producirlos.
- **Baja costo de mantenimiento:** los sistemas fotovoltaicos no requieren frecuentes inspecciones o mantenimiento. El transporte de suministros puede ser costoso, pero estos costos son menores que con los sistemas convencionales.
- **Sin coste de combustible Costo:** Puesto que no emplean ningún combustible, no es necesario invertir en la compra, almacenamiento o transporte de combustible.
- **Sin contaminación acústica:** los sistemas fotovoltaicos operan en silencio y con el mínimo movimiento.
- **Modularidad fotovoltaica:** A diferencia de los sistemas convencionales, más módulos pueden añadirse a los sistemas fotovoltaicos para aumentar la potencia disponible.
- **Seguridad:** los sistemas fotovoltaicos no requieren el uso de combustibles, y son muy seguros cuando estén diseñados e instalados correctamente.
- **Independencia:** los sistemas fotovoltaicos pueden funcionar independientes de la red eléctrica. Esta es una gran ventaja para las comunidades rurales en los países que carecen de infraestructura básica.

En general, los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad. Sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados,

especialmente de los módulos y la batería respectivamente, y por la disponibilidad del recurso solar. Técnicamente, un sistema fotovoltaico puede producir tanta energía como se desee; sin embargo desde el punto de vista económico, siempre existen limitaciones presupuestarias en cuanto a la capacidad que se puede instalar.

## ELEMENTOS PARA LA ELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS POSIBLES

Tecnología	Experiencia en la tecnología	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
<b>Fotovoltaica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tecnológicamente alta</li> <li>-Administrativamente y operativamente baja experiencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costos de paneles US\$ 5 a 10 sin IVA por watt pico</li> <li>-Costo del sistema instalado sin baterías y sin IVA US\$ 10 a 15 watt pico</li> <li>-Costo de baterías US\$ 1 a US\$ 1.2 por A-h con vida útil del banco de 4 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sistemas sencillos, prácticamente sin piezas móviles que puedan fallar</li> <li>- Sistemas confiables adecuadamente dimensionados pueden operar sin fallas entregando su potencia nominal durante muchos años.</li> <li>- Mantenimiento simple desde un punto de vista Técnico.</li> <li>- Costos ventajosos en ciertas aplicaciones y localidades</li> <li>- Modularidad</li> <li>- Costos de operación Bajos</li> <li>- Vida útil paneles superior a 20 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Inversión significativa, especialmente si la disponibilidad exigida es muy alta.</li> <li>- Inexistencia de suficiente personal calificado para diseñar, montar y mantener una gran cantidad de sistemas pequeños</li> <li>- Mantenimiento compleja desde un punto de vista administrativo, cuando existe un número significativo de viviendas.</li> <li>- En caso de ocupar esta tecnología en usos productivo, ella está restringida a la potencia máxima de la solución Fotovoltaica. Ej. Usando un panel de 80-100 Wh, el uso productivo estará restringido a dichos valores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El sistema debe, con la radiación solar mínima de invierno, poder abastecer la demanda máxima de invierno, y en lo posible se deben programar otros usos durante los meses excedentarios.</li> <li>- Salvo para potencias muy pequeñas, el promedio de radiación solar debe exceder 4 KWh/m<sup>2</sup> día</li> <li>- El cociente entre la radiación solar media de verano sobre la de invierno no debe superar un factor 5, es decir, no debe haber reducciones excesivas de la radiación en invierno</li> <li>- La topografía u obstáculos locales no deben bloquear más del 50% de las horas de sol teóricas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Iluminación residencial y alumbrado público</li> <li>- Electricidad para Electrodomésticos</li> <li>- Bombeo eléctrico de Agua</li> <li>-Comunicaciones: telefonía rural, televisión, recepción de radio, comunicación local por radios de banda ciudadana</li> <li>- Talleres artesanales (Taladros, sierras, etc. de bajo consumo.</li> </ul>

Tabla 92: Tecnología sistemas fotovoltaicos.

Tecnología	Experiencia en la tecnología	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Extensión de la red	Alta	Dada la baja densidad del consumo, los costos de distribución son, en general, elevados. A modo de referencia, se puede indicar que el costo por kilómetro de líneas de distribución instalada en tensión media, es de US\$ 8.000, y que un transformador de 1.5 y 10KVA tiene un costo de aproximadamente US\$ 1000 a US\$1500.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe una larga experiencia en este tipo de proyectos.</li> <li>- Es un servicio de alta confiabilidad.</li> <li>- No está sujeto a variaciones del recurso energético.</li> <li>- Los costos del sistema y de cada uno de sus componentes son conocidos.</li> <li>- Existe una institucionalidad madura.</li> <li>- Existen recursos financieros importantes en las empresas que realizarían este tipo de proyectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja rentabilidad del proyecto hace poco atractivo para las empresas eléctricas desarrolla proyectos rurales.</li> <li>- Parte de la energía que se estaría proporcionando, proviene de plantas que afectan el medioambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se entregan valores debido a que se considera que el límite está determinado por criterios económicos más que técnicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iluminación residencial y alumbrado público</li> <li>- Electricidad para Electrodomésticos</li> <li>- Bombeo eléctrico de Agua</li> <li>- Comunicaciones: telefonía rural, televisión, recepción de radio, comunicación local por radios de banda Ciudadana</li> <li>- Talleres artesanales (taladros, sierras, etc.)</li> </ul>

Tabla 93: Tecnología sistemas convencional, extensión de red.

## MONTOS INICIALES DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

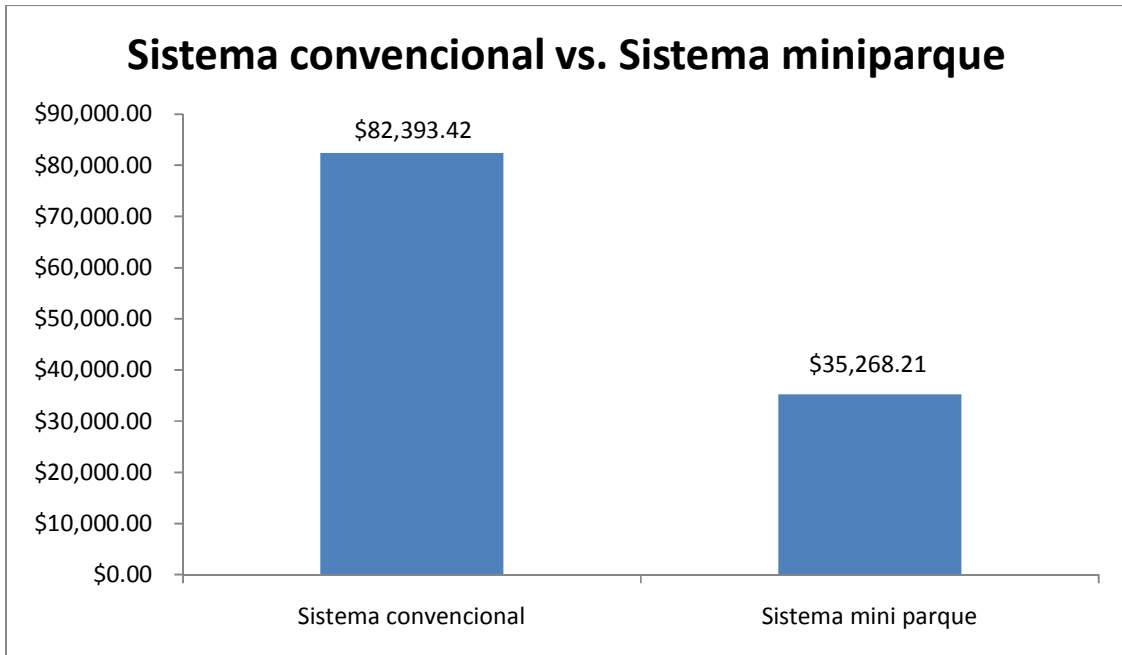


Ilustración 57: Comparación sistema convencional. vs sistema mini parque

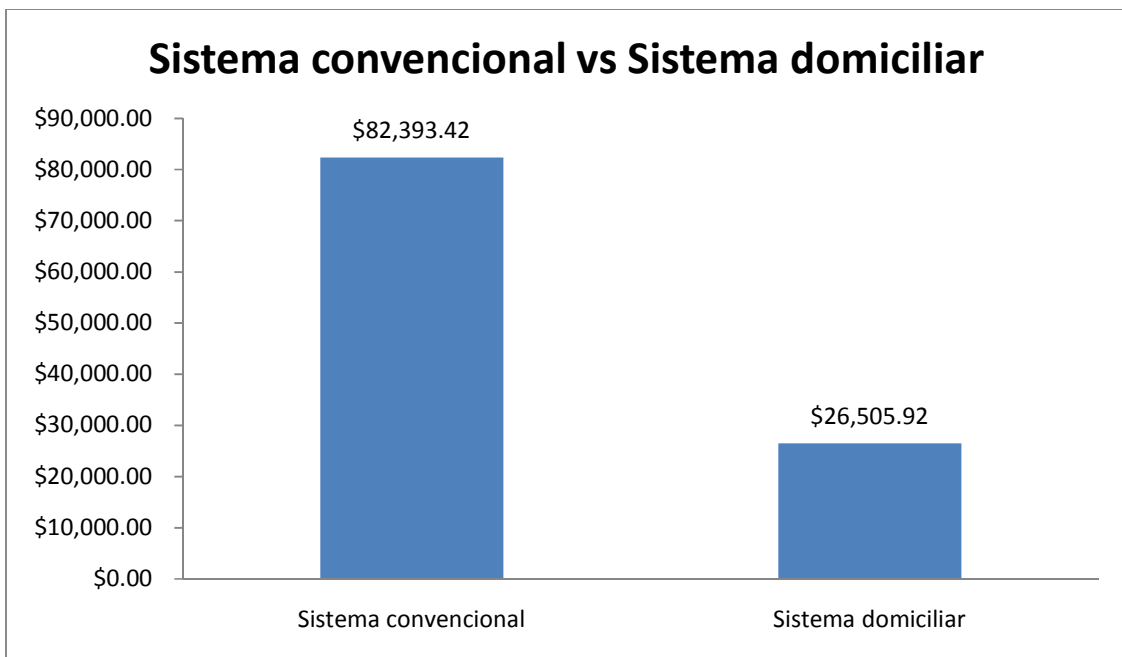
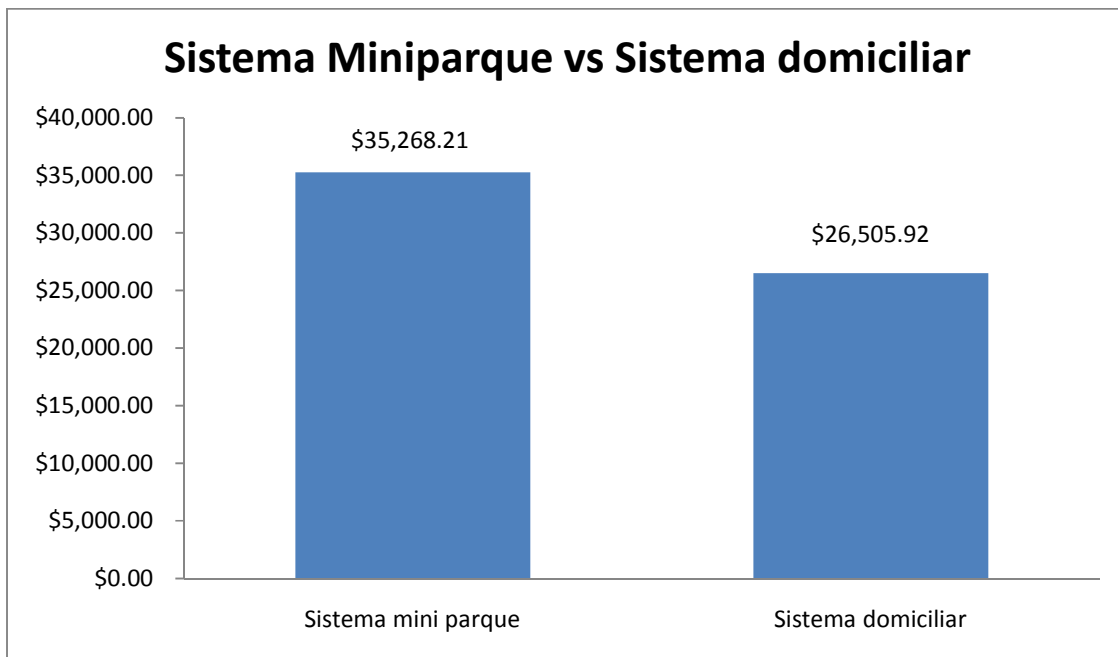


Ilustración 58: Comparación sistema convencional vs sistema domiciliar.



*Ilustración 59: Comparación sistema mini parque vs sistema domiciliar.*

## CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Se concluye que el sistema domiciliar es la alternativa mas factible, para llevar acabo la electrificación rural en el caserío la sombra. Por los siguientes motivos:

1. El monto económico para realizar la implementación de este sistema no depende de una distancia especifica, es decir no es directamente proporcional a esta, a diferencia de realizar una expansión de la red convencional en la cual los costos se incrementan a medida que la longitud de la línea primaria y secundaria aumentan, al igual que el mini parque cuyo monto inicial varia desacuerdo a la distribución en que se encuentran las viviendas.
2. Las cargas a suplirse son relativamente pequeñas y el sistema tiene cierto margen de sobredimensionamiento para una posible demanda futura al igual que el sistema de mini parque y red convencional.
3. Los costos de transporte de dispositivos y materiales son menores a las otras alternativas, ya que únicamente se tienen que desplazar una cierta cantidad de herrajes, paneles, conductores de bajo calibre , dispositivos electrónicos , herramientas y sistemas de medición básicos, a diferencia de la expansión de

red convencional y mini parque, que se necesita un mayor desplazamiento de materiales, dispositivos , conductores de alto calibre y herramientas para llevar acabo la instalación, ejemplo de ello es el tener que movilizar los postes metálicos para llevar acabo la expansión de la línea de distribución primaria(red convencional) y posteriormente la línea secundaria(red convencional y mini parque).

4. Las viviendas por electrificar se encuentran ubicadas en forma dispersa, los sistemas fotovoltaicos individuales son la mejor alternativa, sino la única, debido a su autonomía y modularidad, a diferencia del sistema de mini parque el cual hubiera sido idóneo en el caso que las viviendas se encontrarán relativamente próximas entre si o en el caso que fuera una sola propiedad

CAPITULO 6: CARPETA TECNICA DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



PROYECTO DE ELECTRIFICACION POR MEDIO DE ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA EN CASERIO LA SOMBRA, CANTON JICARITO, MUNICIPIO DE  
EL TRANSITO, DEPARTAMENTO DE USulután.

PRESENTA:

Edwin Leonel Barrera Mejía  
José Ernesto Pérez Rosales  
Julio Alejandro Rivera Hernández

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 2009

EL SALVADOR

FORMATO No. 1  
INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

1. Nombre del Proyecto:

“Proyecto de electrificación por medio de energía solar fotovoltaica en caserío la sombra, Cantón Jicarito, municipio de el transito, departamento de Usulután.”

2. Ubicación:

Cantón o Caserío: Caserío La Sombra, Cantón El Jicarito  
Municipio: El Triunfo  
Departamento: Usulután

3. Costo del proyecto: \$26,505.92

4. Código del Proyecto No.: N/A

5. Profesionales Responsables:

Formulador:

Firma:

Realizador:

Firma:

Supervisor:

Firma:

FORMATO No. 2  
FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

1. DATOS BASICOS GENERALES

a. Nombre del Proyecto

“Proyecto de electrificación por medio de energía solar fotovoltaica en caserío la sombra, Cantón Jicarito, municipio de el transito, departamento de Usulután.”

b. Ubicación: Caserío La Sombra, Cantón El Jicarito.

c. Departamento Usulután

d. Municipio EL Triunfo

e. Urbano ( ) Rural (X)

f. Tipo de Obra: Eléctrica y civil.

g. Tipo de Construcción:

Edificaciones		Nueva	X
Caminos		Ampliación	
Electrificación	X	Rehabilitación	
Acueductos y Drenajes		Finalización	
Obras de Paso y Protección		Otra	
Equipamiento			
Otras			

2. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROBLEMA

2.1 Diagnóstico del problema.

2.1.1 ¿Cómo surge el problema?

La falta de energía eléctrica que afecta a muchas personas en las zonas de más difícil acceso en nuestro país, presenta un reto para las autoridades no solamente municipales, sino para las diferentes organizaciones del estado y no

gubernamentales que se encargan en tratar de mejorar la calidad de vida de familias y comunidades en condiciones de pobreza, las cuales no cuentan con servicios básicos como lo es la energía eléctrica. Uno de estos lugares se encuentra a 107 km al este de la capital, sobre la carretera Panamericana, en el municipio de El Triunfo perteneciente al departamento de Usulután.

### 2.1.2 ¿Qué efectos causa?

La comunidad La Sombra sufre muchos problemas originados por la falta de servicios importantes, los cuales se incrementan a medida pasa el tiempo. La falta del servicio de agua potable genera enfermedades diversas, así como la carencia de electricidad, la cual es causante de enfermedades de origen respiratorio y problemas de la vista debido al excesivo uso de kerosene, gas y leña para la iluminación.

### 2.1.3 ¿Cómo afecta a la colectividad?

El aislamiento al cual esta sometido la comunidad es llamativo, la mayoría de habitantes solo conoce la radio y esta no esta disponible en su totalidad, la existencia de este medio esta ligada a la posibilidad de adquirir baterías para su utilización, recurriendo en un gasto extra y convirtiéndose en una necesidad diaria en este ambiente

Las 14 familias de la comunidad poseen niños y/o adolescentes en sus hogares siendo estos más propensos a sufrir enfermedades respiratorias y visuales. De los 22 niños y adolescentes que se encuentran viviendo en la comunidad ninguno asiste a la escuela más cercana, por decisión de sus padres ya que ninguno de ellos puede realizar actividades extra escolares por las noches debido a la falta de energía eléctrica y a la poca iluminación por métodos rudimentarios con los que cuentan para realizarlo, pues los jóvenes y niños realizan tareas varias en su hogar y en los sembradíos de sus padres en horas del día, antes o después de asistir a clases

La carencia de electricidad en la comunidad genera inseguridad social en la misma, ya que el caserío no está exento de la delincuencia en la zona rural. Asimismo las actividades de la casa comunal en horas nocturnas se ven disminuidas y en muchos casos suspendidas por la falta del servicio de energía eléctrica.

#### 2.1.4 ¿Qué se ha hecho al respecto para afrontar dicha problemática?

Para el año 2004, se gestionó el diseño de una línea de distribución que aliviara la falta de energía eléctrica en la comunidad La Sombra, pero este estudio reveló la poca factibilidad que posee el tratar de implementar dicho plan y fue dejado atrás por las autoridades. Aunque se retomó posteriormente en el año 2006 los estudios arrojaron el mismo resultado y el proyecto de electrificación quedó sólo en la etapa de pre-factibilidad.

#### 2.1.5 ¿Quién los ha apoyado anteriormente y qué han hecho?

Para el año 2007, habiéndose visto frustrado el intento de electrificación por métodos tradicionales, la alcaldía del municipio de El Triunfo, junto con una empresa privada dedicada a la electrificación de sitios lejanos por medios no tradicionales, se dieron a la tarea de realizar un estudio que revelara la factibilidad de brindar a los habitantes de esta comunidad el servicio de Energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico para cada vivienda del caserío, aunque el estudio se realizó y se comprobó que el método no convencional era mucho más factible que el probado años atrás, la ejecución de la obra nunca se llevó a cabo por muchas razones, una de estas razones fueron los problemas internos que sufría la comunidad en ese periodo y que poco tiempo después fue solventado sin haber conseguido la realización del proyecto. Esta comunidad ha estado en la mira del municipio desde hace ya varios años, con diferentes proyectos de distinta índole destinados a la mejora de la calidad de vida, pero nunca han sido asistidos en ninguno de los planes, en los cuales se han incluido por considerar prioridad de la comunidad otros trabajos no menos importantes.

### 2.1.6 ¿Qué organización o institución?

Alcaldía Municipal de Ciudad El Triunfo, Usulután

### 2.1.7 ¿Cómo está organizada y qué nivel de concientización tiene la población para afrontar este problema?

Poseen una directiva de comunidad, Según el Señor Luis Beltrán, directivo de la comunidad, la gestión de proyectos en La Comunidad La Sombra siempre ha sido pospuesta por razones de lejanía, poco apoyo por parte de las autoridades y por no poseer mucho reconocimiento en la zona, aunque en los últimos dos años (2006-2008) varias ONG's<sup>35</sup> han ayudado a niños de la comunidad en términos de salud y educación, lo que abre un panorama prometedor y esperanzador para las personas que habitan la comunidad de que proyectos para la mejora de esta estén próximos a estudiarse a fondo

### 2.1.8 ¿En qué medida el proyecto resolverá el problema?

Se pretende a través de esta clase de proyectos, la disminución del número de familias y comunidades, que no cuentan con el servicio de energía eléctrica en zonas rurales, y que utilizan métodos rudimentarios para iluminación como el Kerosene y la leña, las cuales causan enfermedades respiratorias y oculares e impiden en gran medida el desarrollo social de una comunidad.

Además, se trata de fortalecer el servicio educativo en comunidades alejadas de las zonas pobladas de todo el país, ofreciendo en los hogares un ambiente confortable y digno capaz de desarrollar en los niños, jóvenes y adultos un habito de estudio brindando una oportunidad de desarrollarse para desenvolverse práctica y eficazmente en la sociedad salvadoreña.

---

<sup>35</sup> *Organizaciones No Gubernamentales*

Un programa de “Electrificación rural a través de paneles fotovoltaicos” busca mejorar las condiciones de vida de las comunidades, fortaleciendo las actividades productivas y los servicios informales de telecomunicación.

A su vez, facilitando este servicio básico se intenta favorecer a familias y comunidades de escasos recursos para que puedan superar sus condiciones de vida actual, ayudando al país a disminuir su tasa de extrema pobreza presente.

### 3. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Dicha comunidad se encuentra ubicada en el Cantón el Jicarito, a 16.5 Km. de distancia al centro urbano de El Triunfo, 10 Km. de balasto en buenas condiciones, 3 Km de tierra, que se deteriora en invierno y 3.5 km de camino rural que permanece cerrado e incomunicado en época lluviosa.

Descripción del proyecto

Especificaciones técnicas del proyecto.

Un sistema fotovoltaico domiciliario será instalado en cada hogar, el cual constará de un panel fotovoltaico de una capacidad de generación de potencia eléctrica de 120 Wp a 12 V, un inversor de potencia eléctrica (DC-AC) de 400 Watts, un regulador de carga de 15 A, 2 baterías de gel a 12 V conectadas en paralelo entre sí, con una capacidad de 100 amperios-hora, capaces de abastecer de electricidad por 2 días sin necesidad de ser cargadas en este tiempo, un soporte metálico donde reposará el panel perfectamente ubicado; la conexión del panel, inversor, regulador de carga, baterías se realizará con cable radox de 10 mm<sup>2</sup>, la vivienda constará de 2 luminarias de 15 Watts y un toma corriente de 200 watts, dicha conexión se realizará con cable THHN #14 y THHN #12

Alcances:

- Fomentar el desarrollo personal de los habitantes
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes

- Aumentar las actividades sociales entre los habitantes de El caserío.
- Mejorar la iluminación en horarios nocturnos, con el fin de que los habitantes tengan un mayor aprovechamiento constructivo durante la noche.
- Reducirle gastos por iluminación y por carga de dispositivos de telecomunicaciones a los habitantes.

#### 4. BENEFICIARIOS

- a) Población Total en el área de influencia: 49 PERSONAS
- b) Beneficiarios directos:
- |                       |    |
|-----------------------|----|
| 5.1 No. de Familias   | 13 |
| 5.2 No. de Habitantes | 49 |
| 5.3 No. de Niños      | 22 |
| 5.4 No. de Hombres    | 12 |
| 5.5 No. de Mujeres    | 15 |
- c) Ingreso familiar mensual promedio de los beneficiados \$ 25.00

#### 5. MODALIDAD DE EJECUCION

Donación, incluye transporte, materiales, mano de obra, montaje eléctrico y puesta en marcha.

#### 6. POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE CONSERVACION

Impacto ambiental que cause daño a la zona, no habrá; al contrario, la zona se verá beneficiada completamente, ya que con la ayuda del fluido eléctrico, ya no se cortarían árboles para la leña, o para iluminarse

FORMATO No. 3  
DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO

1. Censo Familiar Total. Adjuntamos censo general de familias beneficiadas
2. Listado de familias beneficiadas con el proyecto. No se cuenta con el listado
3. Índice de crecimiento poblacional. 1.85 % (Estadísticas y Censos del 2001)  
Tasa de nacimiento: 28.67 Nacidos/ 1,000 Población (Hechos y cifras de El Salvador censo 2001)
4. Población Futura beneficiada al final del período de diseño del proyecto. 55 personas
5. Servicios Básicos existentes en la (s) Comunidad (es).
  - Agua potable. NO
  - Alcantarillado. NO
  - Acceso/Caminos. Camino Rural intransitable
  - Vivienda. bahareque
  - Energía Eléctrica. NO
  - Transporte Colectivo. No hay servicio
  - Infraestructura de Salud y Educativa. No
  - Infraestructura Económica y Municipal. No
6. Actividad Económica en la Zona.
  - Utilización-uso y explotación de la tierra, costo de la tierra.  
Completamente agrícola, siembra, caza furtiva de animales silvestres.
  - Producción Agrícola  
Maíz y guineo majoncho, solo para consumo propio. No existe cultivos
  - Producción Pecuaria  
No existe como negocio establecido, solamente para consumo propio.
  - Otro tipo de producción

No existe otro tipo de producción.

7. Actividades Socio Económicas principales de la Zona.

- Empresas Industriales. No existen
- Empresas Agroindustriales. No existen
- Empresas Comerciales. No existen
- Empresas de Servicios. No existen

8. Actividades Socio Económicas principales de la Población beneficiada.

- Ventas en los mercados No hay mercados
- Venta callejera y ambulante No se realizan estas actividades
- Empleo eventual Solamente como mozos y jornaleros
- Empleo permanente No existen

9. Nivel de Ingreso de la Zona.

\$ 30.00 de ingreso promedio mensual por familia.

10. Nivel de ingreso de las Comunidades.

El nivel de ingreso de la comunidad también es de \$ 25.00 de promedio mensual por familia.

FORMATO No. 4  
TRAMITES

**FACTIBILIDADES:**

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES

**LINEA DE CONSTRUCCION:**

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES
			NO APLICA

**CALIFICACION DE LUGAR:**

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES
			NO APLICA

**PERMISO AMBIENTAL:**

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES

**OTROS:**

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES

FORMATO 5  
FICHA SIMPLIFICADA PARA ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE  
PROYECTOS

Ubicación del Proyecto:

Departamento: Usulután  
Municipio: El Triunfo  
Cantón: Jicarito  
Caserío: La Sombra

5. DESCRIPCION DEL PROYECTO:

5.1. Nombre del proyecto identificado por la comunidad como prioritario:

“Proyecto de electrificación por medio de energía solar fotovoltaica en caserío la sombra, Cantón Jicarito, municipio de el transito, departamento de Usulután.”

5.2. Nombre de la persona responsable de asuntos ambientales en el Comité de Proyecto:

No existe

5.3. Breve descripción general del proyecto:

Un sistema fotovoltaico domiciliario será instalado en cada hogar, el cual constará de un panel fotovoltaico de una capacidad de generación de potencia eléctrica de 120 Wp a 12 V, un inversor de potencia eléctrica (DC-AC) de 400 Watts, un regulador de carga de 15 A, 2 baterías de gel a 12 V conectadas en paralelo entre sí, con una capacidad de 100 amperios-hora, capaces de abastecer de electricidad por 2 días sin necesidad de ser cargadas en este tiempo, un soporte metálico donde reposará el panel perfectamente ubicado; la conexión del panel, inversor, regulador de carga, baterías se realizará con cable radox de 10 mm<sup>2</sup>, la vivienda constará de 2 luminarias de 15 Watts y un toma corriente de 200 watts, dicha conexión se realizará con cable THHN #14 y THHN #12.

5.4. Lista de los materiales y/o materias primas que se utilizarán en el proyecto:

Los principales son:

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	precio unitario	precio total
1	Cable duplex THHN # 12 (metros)	150	\$0.85	\$127.50
2	Tomas dobles 350W completos	15	\$4.00	\$60.00
3	Cable duplex THHN # 14 (metros)	230	\$0.50	\$115.00
4	Receptaculos	28	\$0.60	\$16.80
5	Cinta aislante 3M color negro	3	\$3.00	\$9.00
6	Panel Solar 120W Monocristalino PS120M Juncoop	14	\$525.00	\$7,350.00
7	Baterías de Gel Trojan Ciclo profundo 27-GEL	28	\$160.00	\$4,480.00
8	Terminales de bronce para baterías	28	\$5.00	\$140.00
9	tubos conduit 1/2" (12 pies)	28	\$11.20	\$313.60
10	Coraza 1/2"	28	\$20.00	\$560.00
11	Terminales de ojo 10-14	50	\$0.73	\$36.50
12	caja térmica 1 circuito	14	\$10.00	\$140.00
13	Protección termomagnética 15 Amperios	14	\$5.00	\$70.00
14	soporte metálico con marco para paneles	14	\$125.00	\$1,750.00
15	Inversor 1500W 12V Senoidal Pura Digital	14	\$70.00	\$980.00
16	Regulador de carga Xantrex Serie C C35/C40	14	\$150.00	\$2,100.00
17	Barra cooperwell 3"	14	\$8.00	\$112.00
18	Cepo de cobre 1/2" para barra cooperwell	14	\$2.00	\$28.00
19	Cable Radox 10 mm <sup>2</sup> (8AWG)	140	\$3.71	\$519.40
20	Pernos 1/4" x 6" completos con tuerca y arandela (libra)	5	\$5.00	\$25.00
<b>TOTAL COMUNIDAD</b>				<b>\$18,932.80</b>
<b>TOTAL POR HOGAR</b>				<b>\$1,352.34</b>
<b>Improvisto (%)</b>		<b>5%</b>	<b>\$946.64</b>	
<b>Total mano de obra por instalación (%)</b>		<b>25%</b>	<b>\$ 4,733.20</b>	
<b>Transporte de materiales (%)</b>		<b>10%</b>	<b>\$ 1,893.28</b>	
<b>TOTAL PROYECTO</b>				<b>\$26,505.92</b>

5.5. Lista de los equipos que se utilizarán en la ejecución y/u operación del proyecto:

Durante al ejecución del proyecto se utilizará equipo de transporte adecuado y en buen estado, vehículo de PICK UP DOBLE TRACCION, motocicletas y bestias de carga para llegar al lugar. Se utilizará herramientas esenciales (destornilladores, cinta aislante, tenazas, pinzas, etc.) según se considere necesario, esta herramienta debe estar en buen estado y debe ser propia para la instalación del sistema.

## 6. DESCRIPCION DEL MEDIO AMBIENTE EXISTENTE EN LA COMUNIDAD

### 6.1. AGUA:

(a) ¿Existen ríos que atraviesan el caserío o la comunidad?

Sí [X] No [ ]

En caso "sí", ¿cuántos hay? 1 a 10 metros de la comunidad.

(b) ¿Existen lagos o lagunas dentro o en contacto con la comunidad?

Sí [ ] No [X]

En caso "sí", nombre del lago o laguna existente:

(c) ¿Hay quebradas existentes dentro de la comunidad?

Sí [X] No [ ]

En caso "sí", ¿cuántas?: 1

(d) ¿Existen esteros cercanos o en contacto con la comunidad?

Sí [ ] No [X]

En caso "sí", nombre del estero:

(e) ¿Existen pozos artesianos o perforados con maquinaria?

Sí [ ] No [X]

¿A qué profundidad está el agua?

## 6.2. SUELO:

(a) Identificación del área: Urbana [ ] Rural [X]

(b) Topografía predominante dentro de la comunidad

Plana [ ] Con pendiente [X] Muy quebrada [X]

% de pendiente en el área de proyecto: 30%

(c) Usos del suelo en la comunidad:

Agricultura: Sí [ ] No [X]

(d) Tipos de cultivo: Maíz [X] Frijol [ ] Caña [ ]

Café [ ] Pasto [ ] Frutales [X]

Otros: NO

(e) Ganadería: Sí [X] No [ ]

Tipos de ganado: Vacas [ ] Cabras [ ] Cerdos [ ] Aves [X]

Otros: caza furtiva para alimentación.

(f) Fábricas: Sí [ ] No [X]

En caso "sí", tipo de fábrica:

(g) Otro tipo de uso: N/A

## 7. AMBIENTE BIOLÓGICO:

### 7.1. FLORA:

(a) ¿Existen dentro de la comunidad masas boscosas?

Tipo:	Bosque natural	[ ]
	Bosque plantado	[ ]
	Sombra de café	[ ]
	Matorrales	[X]
	Manglares	[ ]

Otros: N/A

### 7.2. FAUNA

(a) ¿Existen dentro de la comunidad animales silvestres?

Sí [X] No [ ]

¿Cuáles? (Mencionar nombres comunes): conejos, mapaches, coyotes  
cusucos gatos de monte, culebras, garrobos, tacuacines, águilas

## 8. AMBIENTE SOCIOECONÓMICO – CULTURAL:

### 8.1. SITIOS HISTÓRICOS:

(a) ¿Existe dentro de la comunidad edificios o construcciones históricas?

Sí [ ] No [X]

Identificarlos: Coloniales [ ] Iglesias [ ] Cementerios [ ]  
Casas de personajes ilustres [ ] Otros: N/A

(b) ¿Existe dentro de la comunidad evidencia de restos arqueológicos?

Sí [ ] No [X]

Identificarlos: Construcciones pre-hispánicas [ ]  
Construcciones coloniales [ ]

Otros: N/A

## 8.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

(a) ¿Está el proyecto en una zona de atracción turística? (Especificar el lugar)

a. Sí [ ] ¿dónde?

b. No [X]

(b) Principales actividades económicas que se desarrollan en la comunidad:

La principal actividad económica de la zona, son la siembra de dos cultivos: Maíz y guineo Majoncho, solo para consumo propio. No para la venta.

## 9. DETERMINACION DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS.

### 9.1. AMBIENTE FISICO

#### 9.1.1. AGUA:

(a) Las actividades del proyecto causarán alguna alteración de los cuerpos de agua superficiales cercanos (Por ej. arrastre de sedimentos, basuras u otros contaminantes)

Sí [ ] No [ ] No aplica [X]

Explique brevemente: N/A

- (b) Las actividades del proyecto podrían causar alguna alteración de las aguas subterráneas cercanas. (Por ej. contaminación por aguas no tratadas, basuras u otros contaminantes)

Sí [ ] No [ ] No aplica [X]

Explique brevemente: N/A

- (c) El agua que abastecerá el proyecto reunirá la calidad sanitaria adecuada para el consumo humano?

Sí [ ] No [ ] No aplica [X]

- (d) ¿Será necesario hacer algún tratamiento al agua, para hacerla apta para el consumo? (si esto aplica presentar los resultados del análisis físico-químico-bacteriológico)

Sí [ ] No [ ] No aplica [X]

Explique brevemente: N/A

#### 9.1.2. SUELO:

- (a) El proyecto implica hacer cortes y/o rellenos? Sí [ ] No [ X ]

Explique brevemente:

- (b) ¿El proyecto ocasionará algún tipo de erosión? Sí [ ] No [ X ]

- (c) ¿Será necesaria la conformación de taludes para evitar pérdidas de suelo y protección de obras? Sí [ ] No [ X ]

9.1.3. AIRE:

(a) ¿Habrá producción excesiva de polvo a causa del proyecto?

Sí [ ] No [ X ]

(b) ¿Habrá producción excesiva de ruido a causa del proyecto?

Sí [ ] No [ X ]

9.2. AMBIENTE BIOLÓGICO:

9.2.1. FLORA:

(a) ¿Habrá perturbación de flora en el área del proyecto?

Sí [ ] No [X] No aplica [ ]

(b) ¿Se requerirán trabajos de desmonte y tala, corte o poda?

Sí [ ] No [X] No aplica [ ]

En caso "sí", ¿se tiene permiso de Alcaldía o MAG para realizar esta actividad, según indica la normativa? Sí [ ] No [ ] No aplica [X]

(c) ¿Cuántos árboles se podarán o talarán? Ninguno

(d) Mencionar sus nombres comunes: conacastes: No aplica

9.2.2. FAUNA

(a) ¿El proyecto ocasionará alteración de lugares que sirven de refugio para fauna?

Sí [ ]                      No [X]                      No aplica [ ]

Mencionar los animales que pudieran verse afectados (nombres comunes) N/A

### 9.3. AMBIENTE SOCIOECONOMICO – CULTURAL

(a) ¿El proyecto causará daños o alteraciones a edificaciones pre hispánico, colonial u otras de interés histórico?

Sí [ ]                      No [X]                      No aplica [ ]

En caso “sí”, explique que tipo de daño o alteración se causará:

OTRAS MEDIDAS GENERALES QUE NO SE INCLUYAN EN ESTA FICHA:

### 10. MEDIDAS DE MITIGACION Y PREVENCION

#### 10.1. AMBIENTE FISICO:

##### 10.1.1. AGUA

(a) Se evitará la alteración de los cuerpos de agua superficiales, cercanos al proyecto (por arrastre de sedimentos, basuras u otros contaminantes)?

Sí [ ]    No [ ]    No aplica [X]

Explique brevemente la medida que se tomará para evitarlo: N/A

(b) Se evitará la alteración de los cuerpos de agua subterránea cercanos al proyecto (Por Ej. contaminación por aguas no tratadas, basuras u otros contaminantes)

Sí [ ]                      No [ ]                      No aplica [X]

Explique brevemente la medida que se tomará para evitarlo: N/A

- (c) Se tomarán las medidas necesarias para que la calidad del agua para el consumo humano sea sanitariamente adecuada.

Sí [ ]      No [ ]      No aplica [X]

- (d) Habrá tratamiento al agua para hacerla apta para el consumo humano.

Sí [ ]      No [ ]      No aplica [X]

Explique brevemente:

10.1.2.      SUELO:

- (a) Se evitará la promoción de erosión ocasionada por las actividades necesarias para la ejecución del proyecto (Como terracerías).

Sí [ ]      No [ ]      No aplica [ X ]

Explique brevemente las medidas que tomará

- (b) Se tomarán medidas para proteger la estabilidad de los suelos y protección de las obras (Como conformación de taludes, engramados, siembra de vetiver, etc.)

Sí [ ]      No [ ]      No aplica [X]

Explique brevemente la medida que se tomará: N/A

10.1.3.      AIRE:

- (a) Habrá aspersion de agua, cubrimiento de superficies u otras medidas para evitar la promoción o incidencia de polvo en las personas.

Sí [ ]      No [ ]      No aplica [X]

Explique: N/A

- (b) Habrán medidas que ayuden a evitar o disminuir la incidencia de ruidos excesivos, que puedan causar malestar en las personas.

Sí [ ] No [ ] No aplica [X]

Explique: N/A

## 10.2. AMBIENTE BIOLÓGICO:

### 10.2.1. FLORA:

- (a) Para ejecutar el proyecto se escogerá un área que cause una mínima afectación de la vegetación arbórea del lugar.

Sí [X] No [ ] No aplica [ ]

Explique la situación: se han escogido zonas sin vegetación cerca de los hogares para realizar el montaje de paneles y equipos, esto se debe a la necesidad de poseer una superficie limpia sin vegetación que obstruya la luz solar.

- (b) Se posee permiso del MAG o de la Alcaldía respectiva para talar árboles.

Sí [ ] No [X] No aplica [ ]

(No se podrán talar árboles sin alguno de estos permisos el cual deberá acompañar la carpeta del proyecto)

- (c) Por cada árbol talado se sembrarán cinco dentro de la comunidad o un área adecuada.

Sí [ ] No [ ] No aplica [X]

Existirá poda de árboles y no tala.

10.2.2. FAUNA:

(a) Se evitará todo daño físico a cualquier tipo de fauna encontrada en el área del proyecto.

Sí  No  No aplica

Explique: Solamente se hará poda de arbustos cercanos a la vivienda y a la instalación.

10.3. AMBIENTE SOCIO ECONOMICO CULTURAL

10.3.1. SITIOS HISTORICOS:

(a) Se evitará hacer daño o alterar edificaciones pre hispánicas, coloniales u otras de interés histórico:

Sí  No  No aplica

En caso "sí", se deben tener los permisos de Concultura

Sí  No

Explique: N/A

10.4. AMBIENTE SOCIOECONÓMICO:

(a) Se evitará afectar actividades económicas importantes dentro de la comunidad.

Sí  No  No aplica

Explique: Al contrario, la actividad económica se verá aumentada, ya que el personal calificado que llegue al lugar a construir la obra, necesitará de alimentación, hospedaje y se tratará de contratar la mano de obra no calificada con personal de la zona.

IMPACTOS AMBIENTALES QUE NO SE HAYAN INCLUIDO EN ESTA FICHA:

Nombre y firma de Formulador:

Representante de la Comunidad: Luis Beltrán

Representante de la Alcaldía: N/A

Fecha: Octubre 2009

**FORMATO No. 6**  
**COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO**

• Costo Total del Proyecto:	<b>\$26,505.92</b>
• (Monto Organización donadora	<b>\$26,505.92</b>
• Aporte de la Alcaldía Municipal	\$0.00
• Aporte de la Comunidad	\$0.00
• Aporte de Otros	\$0.00

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**(a) ALCANCES**

- Fomentar el desarrollo personal de los habitantes
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes
- Aumentar las actividades sociales entre los habitantes de El caserío.
- Mejorar la iluminación en horarios nocturnos, con el fin de que los habitantes tengan un mayor aprovechamiento constructivo durante la noche.
- Reducirle gastos por iluminación y por carga de dispositivos de telecomunicaciones a los habitantes

**(b) DESCRIPCIÓN DE MATERIALES PRIMORDIALES A USARSE**

Paneles fotovoltaicos a utilizar.

Se pueden escoger tres tipos de paneles fotovoltaicos dependiendo de factores como eficiencia y costo, dichas categorías se presentan a continuación:

- Silicio Monocristalino: Alcanzan rendimientos de hasta el 17% y presentan precios accesibles en diferentes modelos y capacidad.
- Silicio Policristalino: Alcanzan rendimientos de hasta el 12% siendo una opción económica de buenas prestaciones.
- Silicio amorfo: Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8% económicamente accesible pero con poco rendimiento.

Teniendo en cuenta los datos presentados anteriormente, se ha optado por escoger un panel fotovoltaico de silicio Monocristalino ya que su rendimiento es aceptable por un precio razonable.

Los módulos fotovoltaicos a utilizar poseen como características técnicas los siguientes parámetros:

<b>Potencia máxima</b>	<b>120W</b>
<b>Tolerancia</b>	<b>+/- 3 %</b>
<b>Tensión de máxima potencia (V)</b>	<b>17.2 V</b>
<b>Tipo de célula</b>	<b>Monocristalino</b>
<b>Eficiencia de célula</b>	<b>16-17%</b>
<b>Temperatura de trabajo</b>	<b>-40°C a +85°C</b>
<b>Certificados</b>	<b>CE, ISO</b>
<b>marco</b>	<b>Aluminio anodizado</b>
<b>Cara frontal</b>	<b>Vidrio templado y microestructura de alta transmisividad</b>

### Conductores

La selección de conductores para las aplicaciones fotovoltaicas es de suma importancia, pues se debe escoger un cable capaz de soportar condiciones extremas y que trabaje con buenas prestaciones a un buen precio durante la vida útil de este tipo de instalaciones. En el mercado se encuentra distintas clases y marcas de

conductores propios para aplicaciones fotovoltaicas, la mayoría de ellos cuentan con las mismas especificaciones y características, tales como:

- Resistencia a rayos ultravioleta
- Resistencia a la intemperie
- Resistencia a temperaturas extremas
- Resistencia mecánica, resistencia a impactos
- Perdidas en el conductor mínimas
- Alta seguridad : no propagación de la llama, no propagación de incendio
- Libre de halógenos.
- Resistencia a químicos entre otras.

Para la instalación propuesta se ha decido utilizar el conductor HUBER-SUNHER, llamado comúnmente RADOX, el cual cumple con todas las especificaciones técnicas propuestas para conductores propios de aplicaciones fotovoltaicas. Dicho conductor presenta perdidas mínimas en distancias moderadas además de ser un conductor menos costoso en comparación a otros que presentan las mismas características,



Cable solar Radox de un solo hilo

1) Conductor: Cable de cobre trenzado estañado, hilo fino

2) Aislamiento: Radox negro

3) Recubrimiento: Radox, colores ver datos técnicos

Art. nº	1302185	1302186	1301323
---------	---------	---------	---------



Modelo	Radox cable solar 6 azul, trómel de 500 m	Radox cable solar 6 negro, trómel de 500 m	Radox cable solar 10 negro
Sección transversal	6.0 mm <sup>2</sup>	6.0 mm <sup>2</sup>	10.0 mm <sup>2</sup>
Color	Azul	Negro	Negro
Diámetro del cable	6.9 mm ±0.20 mm	6.9 mm ±0.20 mm	8.1 mm ±0.15 mm
Tensión nominal	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA	600 / 1000 V CA
Radio de flexión mínimo	4 x diámetro	4 x diámetro	6 x diámetro
Rango de temperatura	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C	-40 a +120 °C
Resistencia al cortocircuito hasta	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)	+280 °C (máx. 5 seg.)
Conductor	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino	Cable trenzado de cobre estañado, hilo fino
Aislamiento	Radox negro	Radox negro	Radox negro
Peso*	9.2 kg	9.2 kg	14.4 kg
Garantía	15 años	15 años	15 años
Normas	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5, «modelo probado por ITV» certificado número R 02210086	IEC 60228, clase 5

## Regulador de carga.

El regulador debe ser un elemento indispensable en una instalación fotovoltaica, pues ahora no solamente provee de carga a las baterías sino que actúa como protección a varios fenómenos que se presentan a diario (sobrevoltaje, sobrecorriente, sobrecarga) además debe ser dimensionado correctamente para evitar problemas posteriores en la fase de carga y en la protección de las baterías.

Por esta razón se ha escogido un regulador que posee características de última generación (carga y protección) para ser colocado en los sistemas fotovoltaicos, dichos reguladores poseen una larga vida útil siempre que se de un mantenimiento eficaz y posean una actividad acorde a sus prestaciones. Se presenta a continuación el modelo de regulador a utilizar.

## Descripción del Producto

Un controlador de carga es un componente importante del sistema que regula el voltaje generado por el sistema de energía renovable y para un mantenimiento correcto de las baterías. Impide que la carga de las baterías sea demasiado elevada o demasiado baja, y garantiza la máxima duración de las mismas. Los controladores

de carga Xantrex están considerados como los mejores de la industria y ofrecen diversas funciones. La serie C dispone de tres modelos, C35, C40 y C60, diseñados para 35, 40 y 60 amperios de CC.

#### Características

- Funcionamiento muy eficaz, silencioso, con modulación de anchura de pulsos.
- Carga de las baterías en tres etapas (en igualación, absorción y flotación) con compensación de temperatura opcional.
- Protección automática contra sobrecargas, tanto en modo activo como pasivo.
- Protección contra inversión de polaridad y cortocircuitos del grupo FV
- Construcción duradera.
- Controlado por microprocesador.

#### Como controlador de carga solar

- Si se utiliza como controlador de carga solar, el C40 puede controlar el funcionamiento de grupos de 12, 24 ó 48 VCC, y el C35 y el C60 pueden controlar el funcionamiento de grupos de 12 y 24 VCC.
- Todas las unidades permiten seleccionar configuraciones para baterías de plomo-ácido inundadas, de electrolito gelificado o de electrolito absorbido en fibra de vidrio.

#### Como controlador de carga de CC

- Como controladores de carga de CC, la serie C tiene un indicador de advertencia de desconexión de baja tensión y puntos de ajuste de control para su utilización sobre el terreno que gestionan la desconexión automática por alta y baja tensión.
- Interruptor de puesta a cero manual para funcionamiento de emergencia con baja tensión.

### Como controlador de derivación

- La serie C dirige automáticamente la energía adicional a una carga de derivación garantizando que no se sobrecarguen nunca las baterías.

### Opciones

- Sensor de temperatura de la batería remoto (BTS) incorporado para aumentar la precisión de carga.
- Medidor de amperios-hora acumulativo que se puede instalar en la parte frontal del controlador o de forma remota hasta una distancia de 30 metros (100 pies).

### Baterías

Las baterías o acumuladores es otra de las partes importantes dentro de las instalaciones solares fotovoltaicas, ya que constituyen el sistema de almacenamiento, estos elementos por su construcción puede ser de dos tipos:

- Monobloque de 12 V, las cuales cuentan con características como: Menor tamaño, espacio y precio, menor capacidad y duración
- Multibloque de 6 elementos de 2 V cada uno, que poseen características como: Mayor tamaño, espacio y precio, así como Mayor capacidad y duración

Las baterías tipo Monobloque están muy extendidas en pequeñas instalaciones fotovoltaicas. Dentro de este segmento se han desarrollado baterías con un coeficiente de autodescarga muy bajo y una pérdida de agua muy reducida. Por esta razón se ha escogido una batería tipo monobloque de ciclo profundo para la aplicación en la comunidad.

Se optó por las baterías de ciclo profundo para suplir las necesidades del proyecto y de los criterios de diseño.

Product Specifications													
BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY <sup>A</sup>	GRANKING PERFORMANCE		CAPACITY <sup>B</sup>			TERMINAL TYPE (See Below)	HANDLE or BRACKET	DIMENSIONS <sup>C</sup>			WEIGHT lbs. (kg)
		Minutes @25 Amps	CCA <sup>D</sup> @0°F	CA <sup>E</sup> @32°F	5 Hr Rate	20 Hr Rate	100 Hr Rate			L	W	H <sup>F</sup>	
<b>6 VOLT DEEP-CYCLE GEL BATTERY</b>													
GC2	6V-GEL	394	575	825	154	189	198	5	Bracket	10 1/4 (260)	7 1/8 (181)	10 7/8 (276)	68 (31)
<b>12 VOLT DEEP-CYCLE GEL BATTERIES</b>													
24	24-GEL	147	330	460	66	77	85	5,6	Handle	10 7/8 (276)	6 3/4 (171)	9 5/16 (236)	52 (24)
27	27-GEL	179	395	545	76	91	100	5	Handle	12 3/4 (324)	6 3/4 (171)	9 1/4 (234)	63 (29)
31	31-GEL	200	445	620	85	102	108	5	Handle	12 15/16 (329)	6 3/4 (171)	9 5/8 (245)	69 (31)

## Inversor

El inversor es una de las partes más críticas de una instalación fotovoltaica. No todos los inversores son aconsejables para cualquier tipo de aplicación: la elección de un inversor equivocado puede dañar el inversor y el aparato al que se conecta.

Un inversor poco eficiente obliga a generar más energía y por tanto a gastar más dinero en paneles fotovoltaicos para satisfacer nuestras necesidades. El inversor debe de ser eficiente en un margen de potencia amplio, por lo que es muy importante su curva de rendimiento, no solo el rendimiento máximo.

Algunos inversores envían a la línea pulsos de corriente para detectar si hay cargas conectadas. De esta forma se consigue que el inversor solo se encienda cuando es necesario, lográndose un ahorro de energía importante.

Cuando se compra un inversor es importante conocer la eficiencia del dispositivo que es capaz de soportar. Los inversores de calidad pueden funcionar con eficiencias altas, cercanas a 1. Un inversor que solo soporte eficiencias bajas nos fallará cuando le conectemos cargas capacitivas o inductivas, en nuestro caso esto no ocurrirá, ya que se suplirán solamente cargas pequeñas pero siempre se debe estar preparado para futuras ampliaciones y diversificaciones del sistema.

- Inversores de onda senoidal pura.

Con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda senoidal pura. Hasta hace poco tiempo estos inversores eran grandes y caros, además de ser poco eficientes (a veces sólo un 40% de eficiencia).

Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia. Sin embargo su coste es mayor que el de los inversores menos sofisticados y su campo de aplicación es diverso dependiendo de las necesidades, en un sistema fotovoltaico es utilizado para la alimentación de una cantidad significativa de aparatos electrónicos que requieren una buena calidad de voltaje para su funcionamiento y deben tener una vida útil moderadamente alta.

Tomando en cuenta las características de los diferentes tipos de inversores se ha optado por seleccionar uno de los tres tipos de elemento sin importar su característica esencial, ya que cada uno de ellos cumple los requisitos que se buscan para darle seguridad, fiabilidad y versatilidad al sistema. Además, el precio que presentan es similar siendo este no elevado en inversores de baja y media capacidad y queda a criterio de los diseñadores la selección de este elemento.

Se optó por el inversor de onda senoidal pura por su precio accesible, sus excelentes prestaciones y por el diseño compacto que muchos de ellos presentan ya que poseen elementos electrónicos que minimizan considerablemente su tamaño, haciendo más fácil su manipulación, transporte, colocación y resguardo.

Este elemento está dimensionado de manera distinta para los dos sistemas, es por esta razón que sus capacidades cambian, tomando en cuenta la carga que se suplirá y las diferencias entre instalaciones se optó por colocar un inversor de 1.5Kw para el sistema mini parque y un inversor de 400W para el sistema domiciliario. A continuación se presentan las características técnicas de esos elementos:

Inversor 400W 12V Senoidal pura digital.

Características:

- Salida continua en corriente alterna: 400 Watts
- Máxima sobrecarga: 800 Watts
- Voltaje de entrada nominal: 12V (10-15V)
- Pinzas para conexión de positivo y negativo en batería(opcional)
- Protección contra sobre temperatura
- Protección contra corto circuito
- Protección contra entrada de alto voltaje en dc
- Protección contra sobrecarga de la batería
- Desconexión de baterías en descarga
- Alarma para carga baja de baterías
- 2 salidas AC 110V, 60Hz

(c) REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA.

El personal de la empresa contratada que ejecutará la obra, deberá tener personal calificado con amplia experiencia, en las diferentes prácticas de trabajo de construcción de sistemas fotovoltaicos.

Además se recomienda que el personal no calificado u obreros sean contratados en la zona, con el objeto de mejorar su nivel de ingreso.

El personal de la empresa deberá estar en constante capacitación sobre cambios tecnológicos y de información,

La seguridad y Salud Ocupacional, tendrá un papel preponderante, ya que ello permitirá desarrollar el trabajo en forma segura y confiable y entregar un servicio profesional o producto de calidad.

Todo el personal de la empresa contratada deberá comportarse con el público en general con cortesía y en general con buenas relaciones humanas.

Deberá disponer como mínimo de los siguientes equipos y herramientas de trabajo, debiendo estar en buenas condiciones, dentro de la vida útil promedio, calibradas o ajustadas adecuadamente y de características adecuadas según requiera la actividad a desarrollar.

Las herramientas a utilizar en el proyecto deben ser suministradas por la empresa contratada para el montaje del sistema.

#### (d) PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Se seguirá una secuencia lógica para el comienzo de la obra, la cual se detalla a continuación.

Orden de inicio

- Traslado de personal y equipo
- Poda y Brecha
- Compra de materiales
- Traslado de materiales
- Montajes de equipos
- Revisión General del equipo y su instalación
- Solución de observaciones
- Puesta en marcha.
- Entrega del proyecto al Contratante previa revisión

Para desarrollar el trabajo contratado la empresa constructora deberá cumplir con:  
Los requisitos que solicite la organización donadora contratante del proyecto.

## FUENTES DE INFORMACION

### BIBLIOGRAFÍA.

- “Informe sobre Desarrollo Humano El Salvador 2003 Desafíos y opciones en tiempos de globalización”, (FISDL).
- “Mapa de la pobreza indicadores para el manejo social del riesgo a nivel nacional”, (FISDL).
- “Plan Participativo de Desarrollo con Proyección Estratégica”, Municipio de El triunfo, Departamento de Usulután; Alcaldía Municipal de El Triunfo, USAID
- “Estándares para la construcción de líneas aéreas de distribución de energía eléctrica”. SIGET, 2001
- “Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar” (siglas en inglés SWERA) en El Salvador, Universidad José Simeón Cañas, 2005
- “Guía de instalación de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios”, Dirección general de electricidad de Costa Rica, año 2007
- “Metodología de proyectos de electrificación rural”, Ministerio de Planificación y Cooperación, División de Planificación, Estudios e Inversión, Departamento de Inversiones, año 2006
- “Guía de presentación de proyectos de electrificación rural con fuentes individuales de energía renovable”, Dirección general de electrificación rural, Lima, Perú 2008
- “Accesorios para cables de instalaciones fotovoltaicas” HUBER-SUNHER, 2008
- “Manual sobre energía renovable solar fotovoltaica” PNUD, fortalecimiento para la capacidad de la energía renovable en América Central Costa Rica, 2002.
- “Reguladores de CC multifunción, guía de instalación y funcionamiento” Xantrex Technology, 2002

- “Estimación de los ángulos de Inclinación para las placas Solares”
- “libro: Instalaciones solares, Cap. 1: Radiación solar”
- “Universal Technical Standard for Solar Home Systems”, Alemania, 1998
- “Tecnología sobre conductores eléctricos de calidad. Conductores resistentes a altas temperaturas e intemperie”. Miguel Román c. Lima, Perú, 2001
- “Cables para instalaciones solares fotovoltaicas” TOP SUN PV, 2007
- “PS120M: Panel Solar 120W Monocristalino características técnicas” Juncoop, Hong Kong 2008
- “Baterías de ciclo profundo monobloque para aplicaciones fotovoltaicas”, TROJAN company, 2007
- “consejos y buenas practicas para las instalaciones fotovoltaicas” Comisión europea, 2003
- “El acumulador fotovoltaico”, Carlos Armenta Deu, Brasil 2008

#### REFERENCIA DE SITIOS WEB.

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n\\_de\\_incidencia\\_de\\_la\\_irradiaci%C3%B3n\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_de_incidencia_de_la_irradiaci%C3%B3n_solar)
- <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar08/HTML/articulo03.htm>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Heli%C3%B3grafo\\_\(meteorolog%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Heli%C3%B3grafo_(meteorolog%C3%ADa))
- <http://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm>
- <http://www.tecnosolar.com/tecnosolar/index.php?act=viewProd&productId=171>
- <http://www.renovablesdelsur.com/catalog/xantrex-regulador-cargadescarga-solar-xantrex-p-92.html>
- <http://store.altestore.com/Charge-Controllers/Solar-Charge-Controllers/Pwm-Type-Solar-Charge-Contollers/Go-Power-Solar-Charge-Controllers-Pwm/Go-Power-Solar-Charger-with-Digital-Amp-Meter/p4477/>
- <http://www.siliconsolar.com/solar-power-charge-controllers.html>

- <http://store.altestore.com/Charge-Controllers/AC-Charge-Controllers/IOTA-DIs-90-90A12V-2Stg-Ac-Charge-Controller/p700/>
- <http://www.renovablesdelsur.com/catalog/reguladores-solares-c-30.html>
- <http://www.xantrex.com/spanish/web/id/72/p/docs/pt/5/product.asp>
- <http://store.solar-electric.com/hardware---wire.html>
- [http://www.freesunpower.com/wire\\_calc.php](http://www.freesunpower.com/wire_calc.php)
- [http://www.freesunpower.com/wires\\_cables.php](http://www.freesunpower.com/wires_cables.php)
- <http://parts.digikey.com/1/parts-kws/e-t-a-photovoltaic-solar-panel>

#### INVESTIGACIÓN.

- Ing. Marlon Javier Rodríguez, Unidad de Asistencia Técnica. Gerencia de Ingeniería Comisión Ejecutiva del Rio Lempa, CEL. El Salvador.
- Ing. Anselmo Valdizón, Departamento ingeniería Eléctrica, Universidad Don Bosco, El Salvador.
- Alcaldía Municipal de El Triunfo, Usulután.
- Junta Directiva Comunidad La Sombra, Cantón el Jicarito, Municipio de El triunfo, Departamento de Usulután.
- Centro Nacional de Registros de la Republica de El Salvador.
- Instituto geográfico y del catastro nacional de la Republica de El Salvador.
- Universidad José Simeón Cañas, UCA, El Salvador.
- Universidad Don Bosco, Escuela de Ingeniería Eléctrica, EL Salvador.
- Suministros eléctricos y electrónicos, San Salvador, El Salvador.
- Fotos satelitales gracias a GoogleEarth Pro
- Trazado de línea distribución a través de GPS TrackMaker

## CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

### **Conclusiones Generales.**

- La mala calidad de vida que presentan las personas de la comunidad la sombra en el departamento de Usulután, la pobreza extrema, la lejanía geográfica que los limita y su falta de recursos para poder optar a muchos servicios básicos, lleva a escoger propuestas de solución consideradas menos costosas para los problemas que los aquejan, la electrificación a base de un sistema fotovoltaico domiciliario posee ventajas en costos que hacen más factible la realización de este tipo de proyectos.
- Los proyectos de electrificación convencional o los miniparques fotovoltaicos no son un resultado prometedor, alentador viable y factible para comunidades de escasos recursos que se encuentran en zonas de pobreza extrema en nuestro país. Además, es primordial el uso de donaciones de instituciones no gubernamentales o estatales para llevar a cabo dichos planes de ayuda aun conociendo los menores costos que proyectos como el de la electrificación fotovoltaica domiciliario conllevan.
- En El Salvador como en muchos otros países, utilizar sistemas fotovoltaicos en zonas que presentan un alejamiento amplio no solamente con la red convencional sino de los territorios rurales que cuentan con un mínimo de servicios básicos permite satisfacer la necesidad de electricidad de la población rural, favoreciendo el desarrollo humano y social de las personas beneficiadas.
- La tecnología fotovoltaica es eficaz y recomendada para suplir necesidades básicas de iluminación en zonas remotas, no obstante este tipo de proyectos presenta un costo inicial que no es atractivo para inversionistas ya que su recuperación económica puede tardar muchos años. Sin embargo, hay muchas instituciones que apoyan este tipo de proyectos con donaciones de todo tipo, por esta razón se ha observado un crecimiento de esta tecnología en nuestro país.

- Los sistemas fotovoltaicos de cualquier tipo pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema de electrificación convencional. Sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados, y no se debe ignorar la disponibilidad del recurso solar que es variable en el transcurso del año.
- La combinación de factores geográficos, ambientales, sociales y económicos influye en gran manera cuando se diseña un sistema de electrificación, en muchos casos, y en el nuestro sin excepción, se opta por un sistema que sea económico, con materiales primordiales, baratos y con gran calidad y prestación, con costos de transporte e instalación módicos con respecto a las otras dos alternativas propuestas, con mantenimiento escaso, dimensionado a medida, seguro, flexible y de fácil utilización.
- El usuario de instalaciones fotovoltaicas debe conocer sus limitaciones, y estar consiente que un sistema domiciliar pequeño es capaz de suministrar lo mínimo para una vivienda del área rural. Se debe hacer énfasis en los beneficiarios de proyectos solares en cuanto a la moderación en el consumo y en la no utilización de aparatos eléctricos con elevados consumos
- La disponibilidad del recurso solar en nuestro país debe ser aprovechada al máximo, ya que se cuenta con una excelente radiación solar en la mayor parte del territorio nacional, este parámetro aún con el cambio de estación y posición del sol en el año no modifica de manera considerable pero si sustancial la eficiencia de un sistema fotovoltaico.
- Presentar una carpeta técnica con los datos y elementos pertenecientes a un proyecto de electrificación rural a base de energía solar a una organización cuya finalidad es el desarrollo de comunidades de escasos recursos es la forma más segura de llevar a cabo este tipo de planes. Estas instituciones presentan programas de donativos parciales o totales ya determinados, poseen asistencia técnica especializada para la supervisión de proyectos y cuentan con la ayuda de países extranjeros, empresas privadas u otras organizaciones para realizar obras de desarrollo social.

- Si los ingresos económicos de los habitantes de la comunidad La Sombra fuesen los suficientes para poder cubrir el costo mensual de la energía vendida por la distribuidora (EEO) y si se realizara la expansión de la red convencional sin ningún impedimento por monto inicial, la alternativa mas rentable en la actualidad sería el sistema de red convencional, ya que el KWh generado en centrales térmicas, hidroeléctricas y geotérmicas es 575% mas barato, que el KWh generado a partir de paneles fotovoltaicos.

### **Recomendaciones.**

Al finalizar los análisis económicos y de diseño, tomando en cuenta las conclusiones sobre el proyecto de electrificación rural en la comunidad La Sombra, municipio de El Triunfo, departamento de Usulután. Se recomienda:

- La utilización del sistema fotovoltaico domiciliario para la electrificación en la comunidad, pues presenta un costo menor de instalación y posee ventajas en su fiabilidad, versatilidad, seguridad y rendimiento, siendo este sistema la alternativa más factible, fomentando de esta forma el desarrollo productivo, mejorando la calidad de vida, las oportunidades a la educación y la salud de las familias en esta comunidad.
- Proponer un diseño diferente para la electrificación de estas viviendas, si los domicilios de la comunidad se encuentran ubicados relativamente próximos entre ellos, si este fuese el caso la opción más apropiada puede ser un sistema fotovoltaico centralizado debido a la concentración de equipos y cargas ofreciendo ventajas desde los puntos de vista técnico y económico.
- Escoger entre uno de los dos sistemas fotovoltaicos para la electrificación en la comunidad, recordemos que la comunidad se encuentra ubicada en una zona de pobreza extrema, por lo cual, pagar el servicio de energía eléctrica esta fuera de sus posibilidades económicas.
- La construcción de una línea de distribución entre el ultimo punto de entrega primario hasta la comunidad beneficiada, siempre que la distancia entre ellos no sobrepase como máximo 500 metros y que el cobro del servicio eléctrico

sea cancelado o financiado por una institución gubernamental, dicha alternativa se presenta como la más factible por su sencillez, versatilidad, facilidad en la selección de materiales así como por sus prestaciones, ya que con esta alternativa se pueden alimentar todo tipo de cargas.

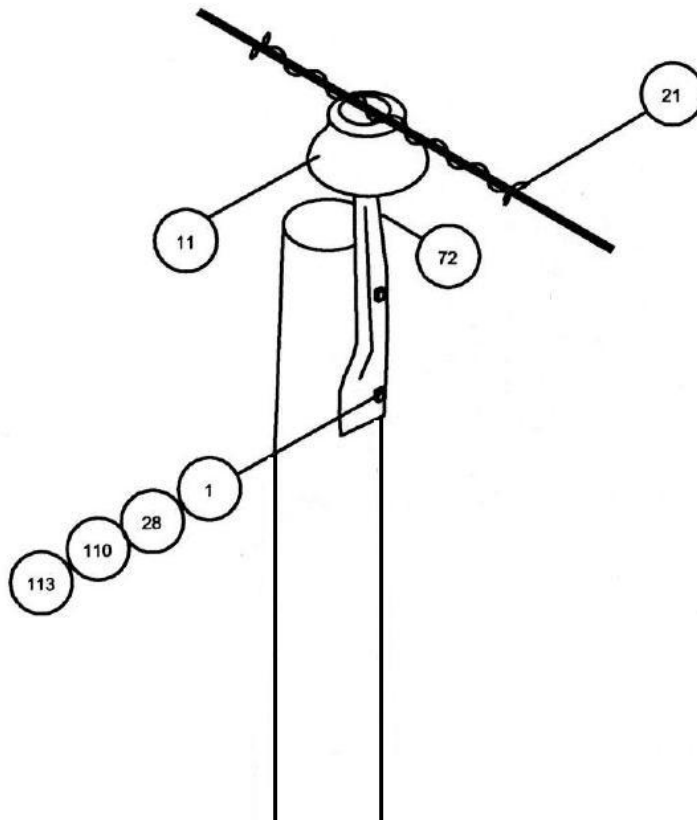
- La construcción del sistema fotovoltaico domiciliario en época seca, el difícil acceso a la zona empeora notablemente en época lluviosa, haciendo que los caminos y veredas rurales queden inhabilitados. Se presenta además la crecida de un afluente cerca de la comunidad que la aísla por periodos dependiendo de la intensidad del invierno.
- La compra de equipos que cumplan las especificaciones requeridas pero que a su vez sean menos costosos que equipos de marcas reconocidas. En el mercado nacional se encuentran diferentes marcas y procedencias de equipos a utilizar por lo que se propone la utilización de elementos con normativas establecidas, características técnicas eficientes y que sean asequibles al comprador.
- La utilización de personas de la comunidad como mano de obra en la construcción del proyecto, esto generará un ingreso extra para las familias de la comunidad ayudando a su desarrollo comunitario.
- La contratación de personal calificado para la supervisión de la mano de obra no calificada en el proyecto.
- Solicitar ayuda a la alcaldía de El Triunfo, en el departamento de Usulután con guías que conozcan la zona y la comunidad. La llegada a la comunidad presenta un reto extra y sin la ayuda de personas conocedoras es casi imposible encontrarla.
- Trabajar en los sistemas fotovoltaicos el suministro eléctrico a los domicilios con corriente alterna, esta alternativa supone una indudable ventaja en términos de servicio proporcionado a los usuarios, estos pueden acceder a las comodidades que brinda esta tecnología y a elementos que abarcan el estandarizado y extendido mercado nacional. Se debe tomar en cuenta la gran distancia que tienen que recorrer las personas para el reemplazo de elementos del sistema como luminarias, tomacorrientes entre otros.

- Buscar una institución que se dedique al desarrollo social de las personas a través de donaciones para proyectos de toda índole, con el fin de proporcionar a los habitantes de la comunidad la oportunidad de ejecución del proyecto, mejorando con la electrificación de sus viviendas la calidad de vida, la seguridad y el desarrollo de la zona en las que habitan.

## ANEXOS

### ESTRUCTURAS LINEA PRIMARIA Y SECUNDARIA

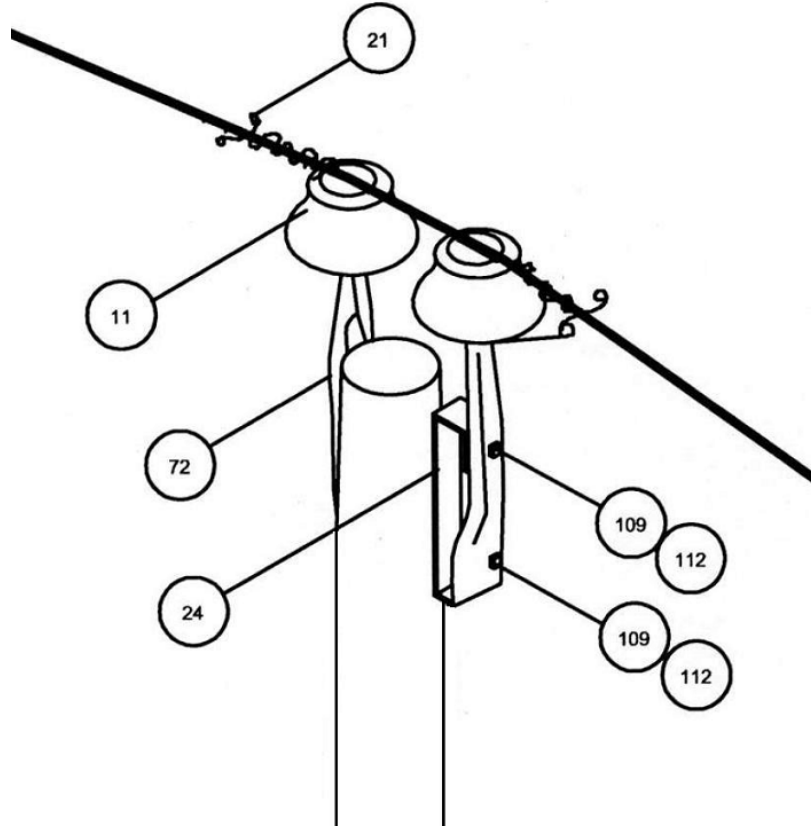
Tangente sencilla. (13TS1)



TANGENTE SENCILLA			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	46
11	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	1	23
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	46
28	Arandelas Redonda 5/8" (15.9mm)	2	46
72	Espiga cabezote 18" (457.2mm)	1	23
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	2	46
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	2	46

Anexo 1: Tangente sencilla. (13TS1)

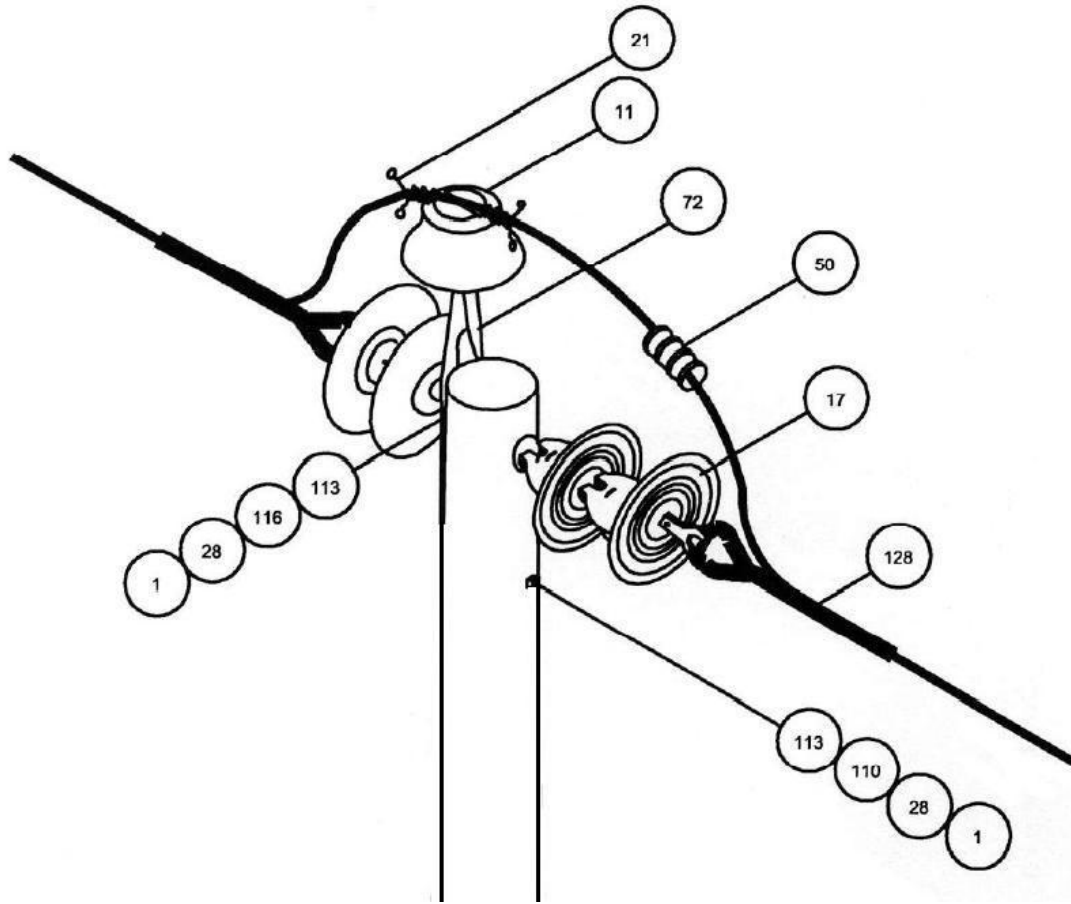
Tangente doble. (13TD1)



TANGENTE DOBLE			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	8
11	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	2	8
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	8
24	Almohadilla para espiga cabezote	1	4
72	Espiga cabezote 18" (457.2mm)	2	8
109	Perno maquina 5/8 x 12" (15.9x254mm)	2	8
112	Perno maquina 5/8 x 6" (15.9x152.4mm)	2	8

Anexo 2: Tangente doble. (13TD1)

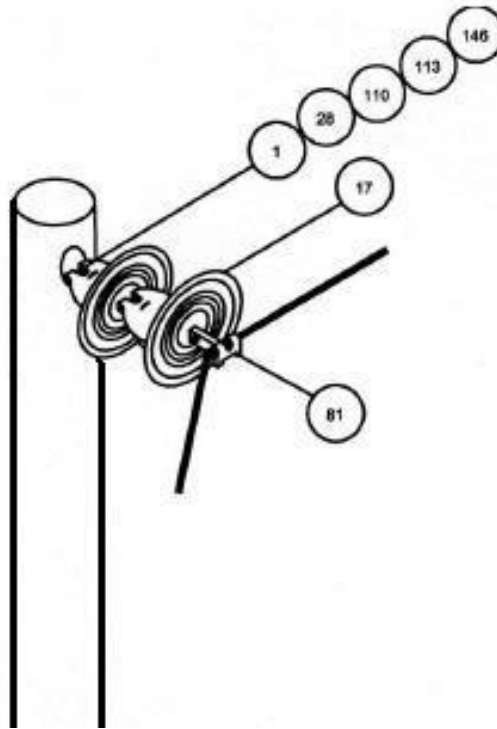
Corte horizontal. (13CH1)



CORTE HORIZONTAL			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	2	2
11	Aislador Espiga 13.2kv clase ANSI 55-4	1	23
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	4	92
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	46
24	Almohadilla para espiga cabezote	1	23
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	3	69
50	Conector de compresion S/R	1	23
72	Espiga Cabezote 18"(457.2mm)	1	23
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	23
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	3	69
116	Perno todo rosca 5/8x12"(15.9x34mm)	1	23
128	Remate preformado S/R	2	46

Anexo 3: Corte horizontal. (13CH1)

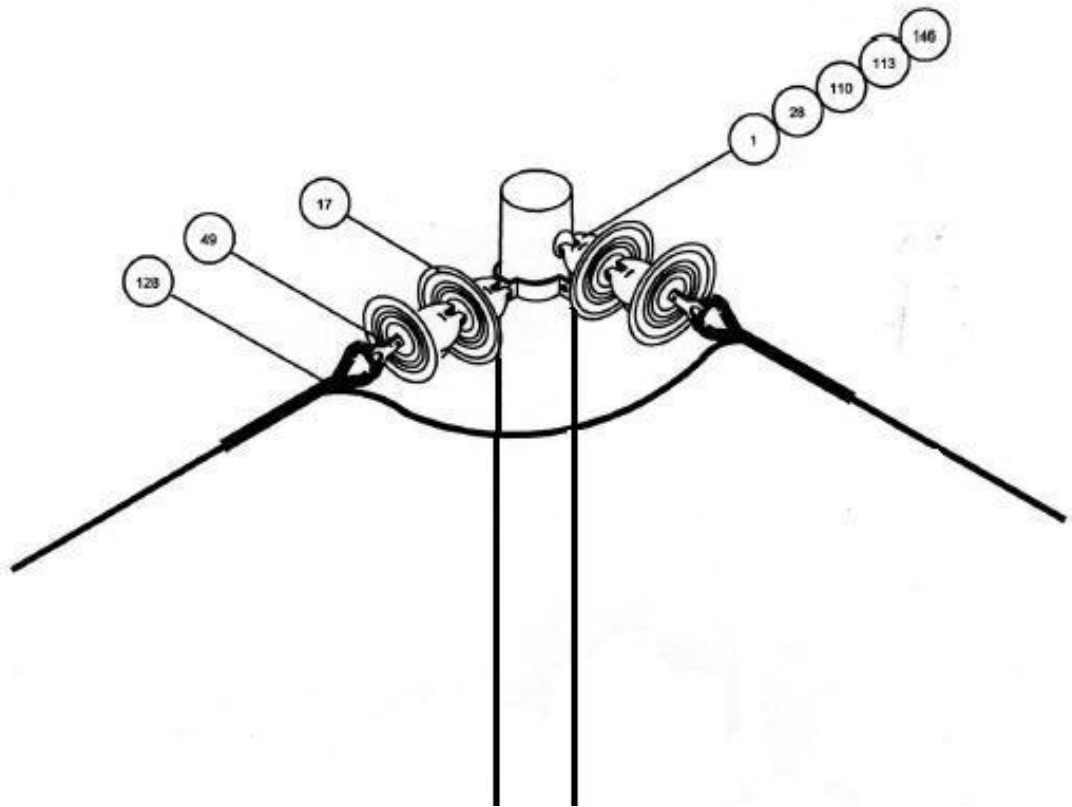
Cruce vertical sencillo. (13CV1)



CRUCE VERTICAL SENCILLO			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	1
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	2	46
21	Alambre para amarre S/R (metros)	2	46
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	46
81	Grapa angular S/R	1	23
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	23
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	1	23
116	Perno toda rosca 5/8 x 12" (15.9x254mm)	1	23
146	Tuerca argolla 5/8" (15.9mm)	1	23

Anexo 4: Cruce vertical sencillo. (13CV1)

Cruce vertical doble remate. (13CR1)



CRUCE VERTICAL DOBLE REMATE			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	5
17	Aislador de suspensión 13.2kv clase ANSI 52-1	2	10
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	10
49	Clevis de remate S/R	2	10
110	Perno maquina 5/8 x 10" (15.9x254mm)	1	5
113	Perno maquina 5/8 x 2" (15.9x50.8mm)	1	5
128	Remate preformado S/R	2	10
146	Tuerca argolla 5/8" (15.9mm)	1	5

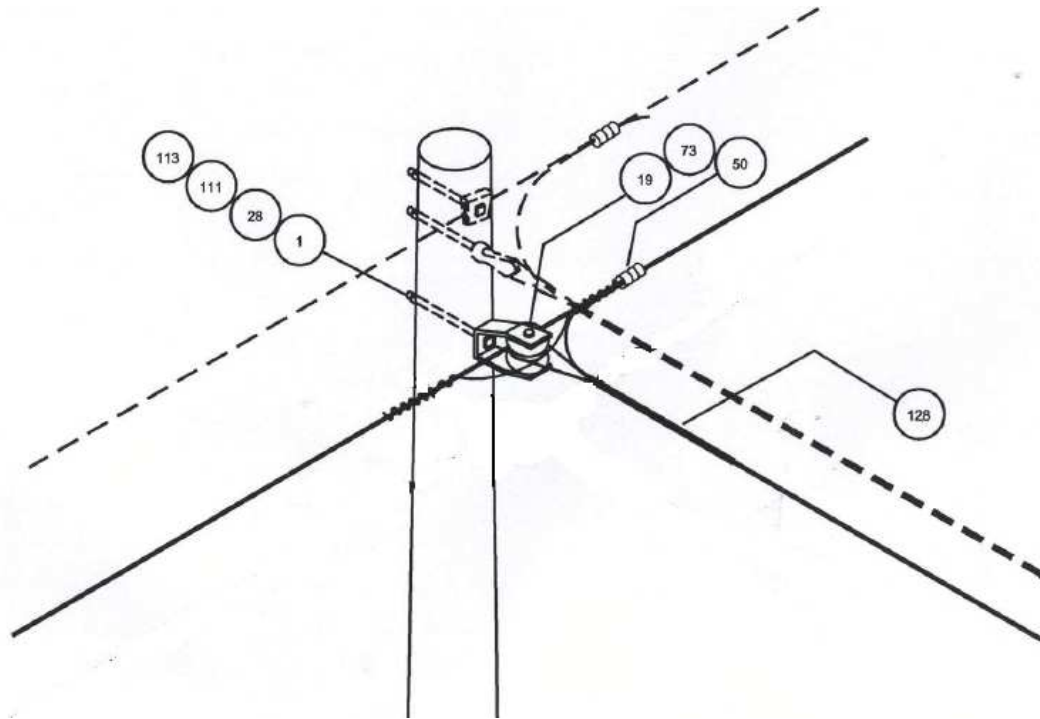
Anexo 5: Cruce vertical doble remate. (13CR1)



TRANSFORMADOR NEUTRO COMUN CON REMATE HORIZONTAL			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	1
2	Abrazadra completa 7-75/8" (177.8-193.7mm)	4	4
17	Aislador de suspension 13.2kv clase ANSI 52-1	1	1
22	Alambre de cobre #4 desnudo (m)	30	30
23	Almohadilla para crucero	2	2
28	Arande la redonda 5/8"	3	3
37	Barra para polo a tierra 5/8" x8"	6	6
45	Cable de forro plastico	4	4
48	Cinta metalica Band-it 1/2"	5	5
50	Conector de compresion	2	2
51	Conector universal	1	1
53	Cortacircuito 15kv, 100 A	1	1
74	Estribo para grapa linea viva	1	1
75	Extension para cortacircuito y pararrayos	1	1
78	Fusible tipo T	1	1
83	Grapa para linea viva	1	1
84	Grapa para polo a tierra	4	4
103	Parrarayos tipo distribucion 10kv	1	1
110	Perno maquina 5/8"x10"	3	3
113	Perno maquina 5/8"x2"	2	2
114	Perno maquina 1/2"x1 1/2"	2	2
144	Tubo de acero galvanizado 1/2" (m)	4	4

Anexo 6: Transformador neutro común con remate horizontal. (13TNRH1)

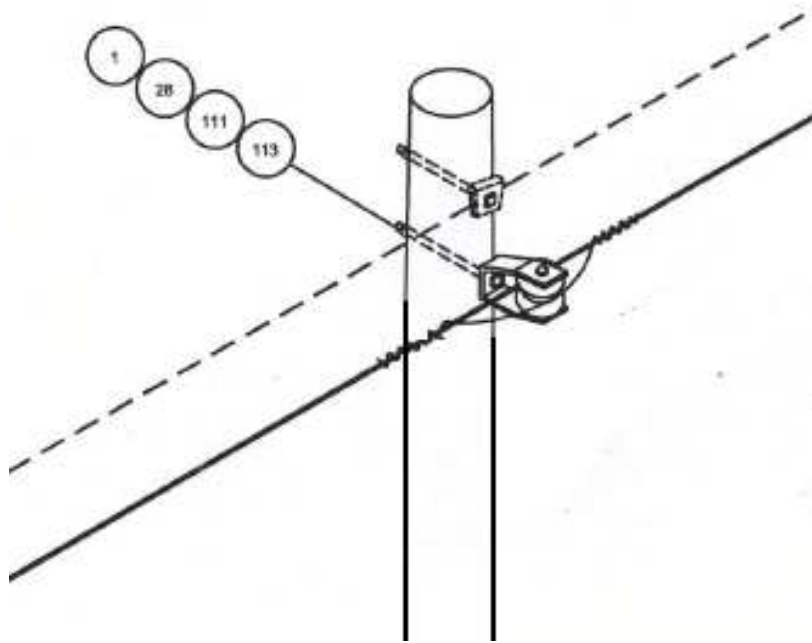
Tangente secundaria con derivación. (TD1)



TANGENTE SECUNDARIA CON DERIVACION			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 m	1	6
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	2
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	1
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	2
50	Conector de compresion	1	1
73	Escribo para carrete	1	1
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	1
113	perono maquina 5/8"x2"	1	1
128	Remate predormado	1	1

Anexo 7: Tangente secundaria con derivación. (TD1)

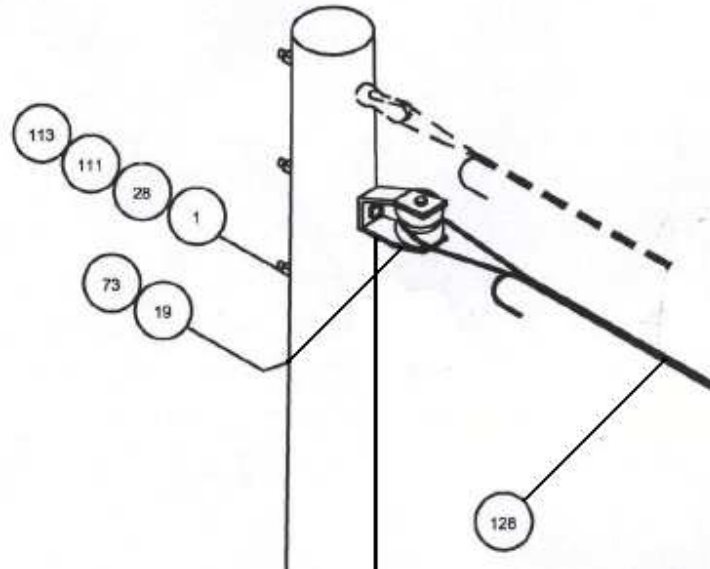
Tangente secundaria. (TS1)



TANGENTE SECUNDARIA			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 m	1	4
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8
21	Alambre para amarre S/R (metros)	1	4
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8
50	Conector de compresion	1	4
73	Escribo para carrete	1	4
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perono maquina 5/8"x2"	1	4

Anexo 8: Tangente secundaria. (TS1)

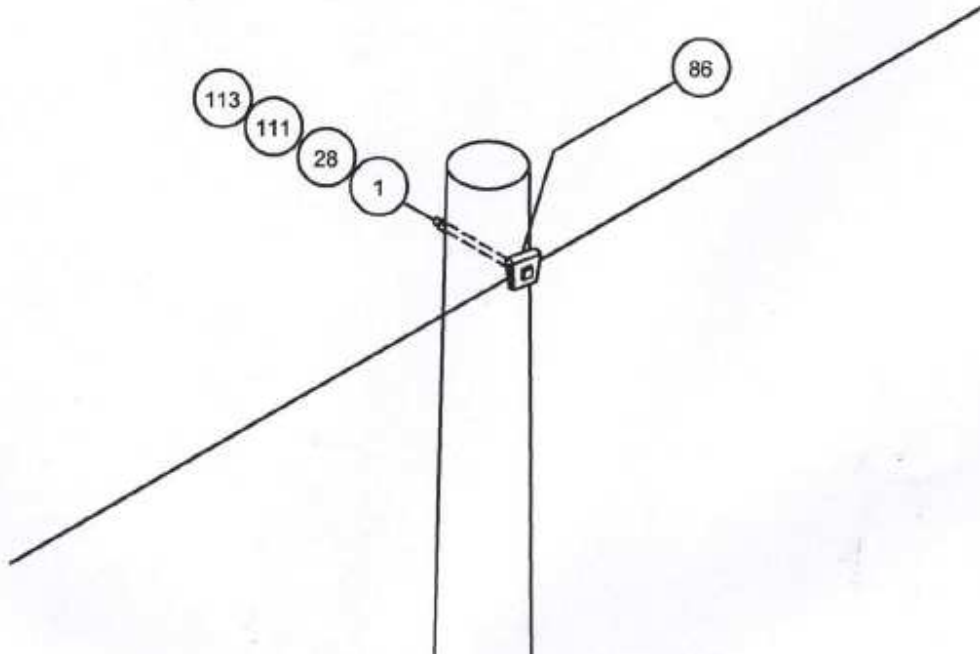
Remate secundario. (RS1)



REMATE SECUNDARIA			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 m	1	4
19	Aislador tipo carrete clase ANSI 53-2	2	8
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8
73	Escribo para carrete	1	4
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perono maquina 5/8"x2"	1	4
128	Remate preformado	1	4

Anexo 9: Remate secundario. (RS1)

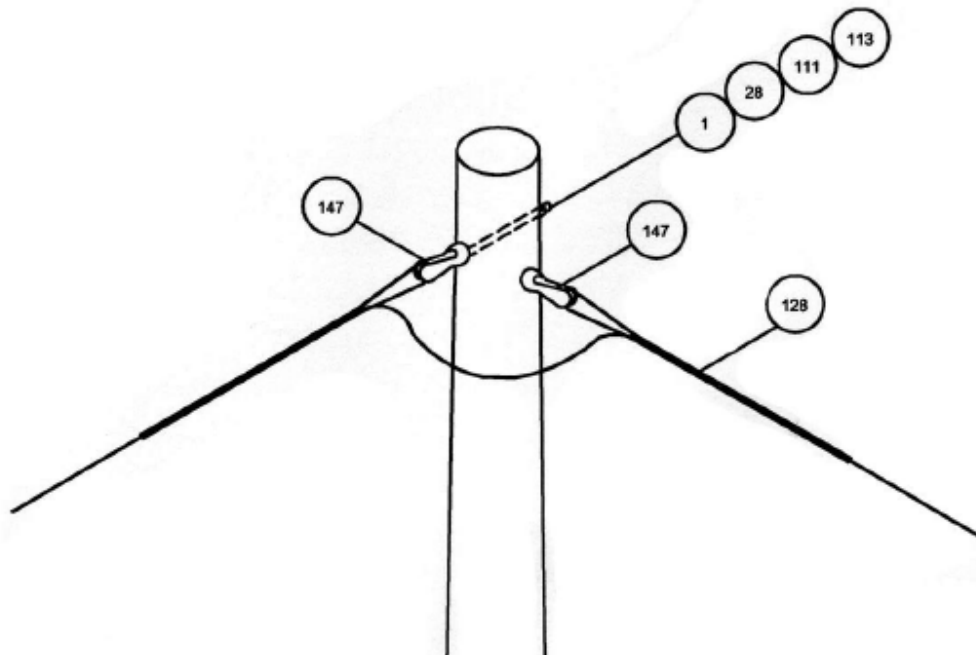
Tangente para neutro. (TN)



TANGENTE PARA NEUTRO			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8
86	Grapa un perno.	1	4
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perono maquina 5/8"x2"	1	4

Anexo 10: Tangente para neutro. (TN)

Cruce doble remate para neutro. (CR)

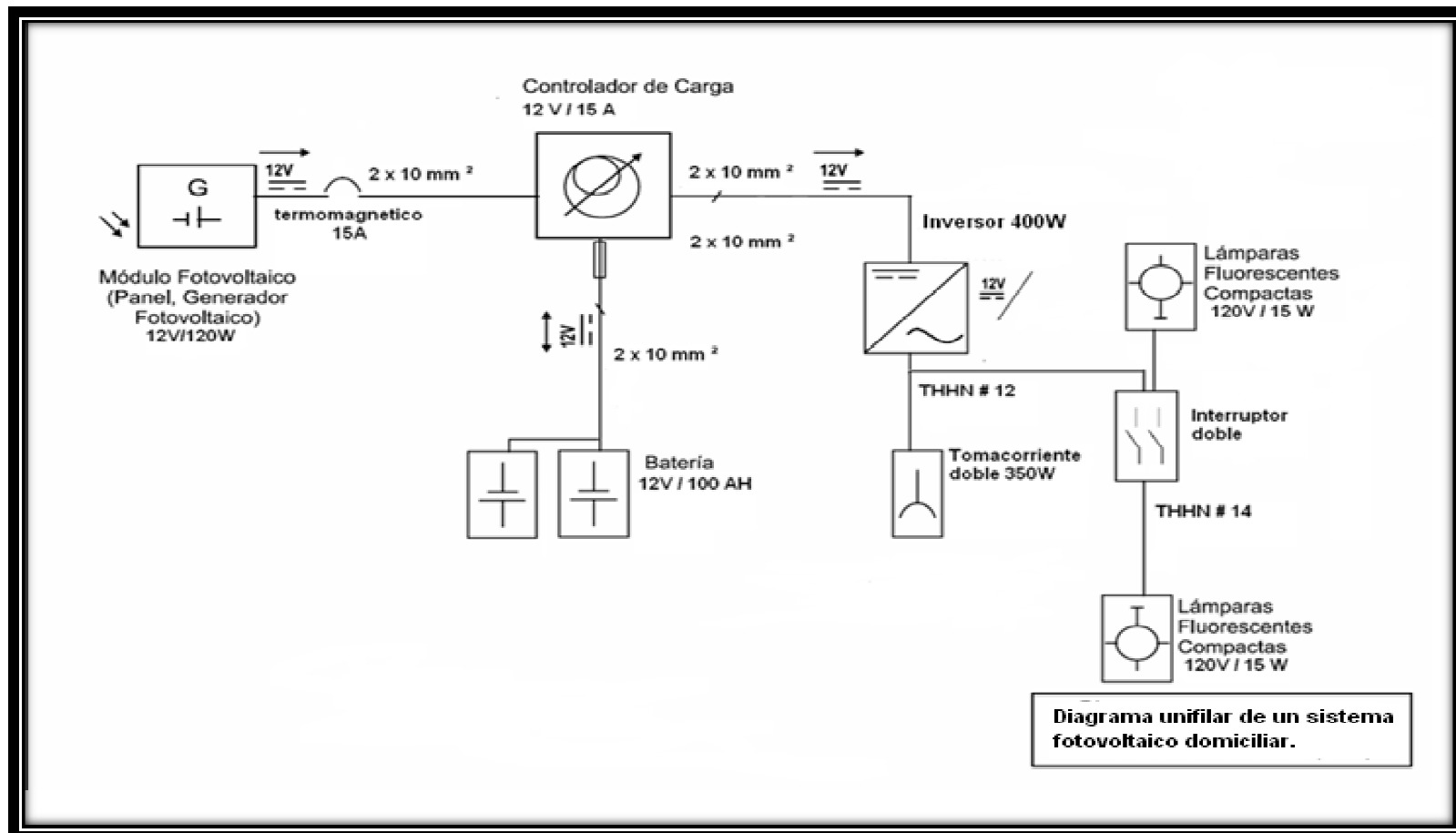


CRUCE DOBLE REMATE PARA NEUTRO			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD / ESTRUCTURAS	TOTAL DE ELEMENTOS
1	Abrazadera completa 6-6 5/8" (152.4-168.3 mm)	1	4
28	Arandela redonda 5/8" (19.5mm)	2	8
111	Perno maquina 5/8"x8"	1	4
113	perono maquina 5/8"x2"	1	4
128	Remate performedo	1	4
147	Tuerca argolla 5/8" con canal	2	8

Anexo 11: Cruce doble remate para neutro. (CR)

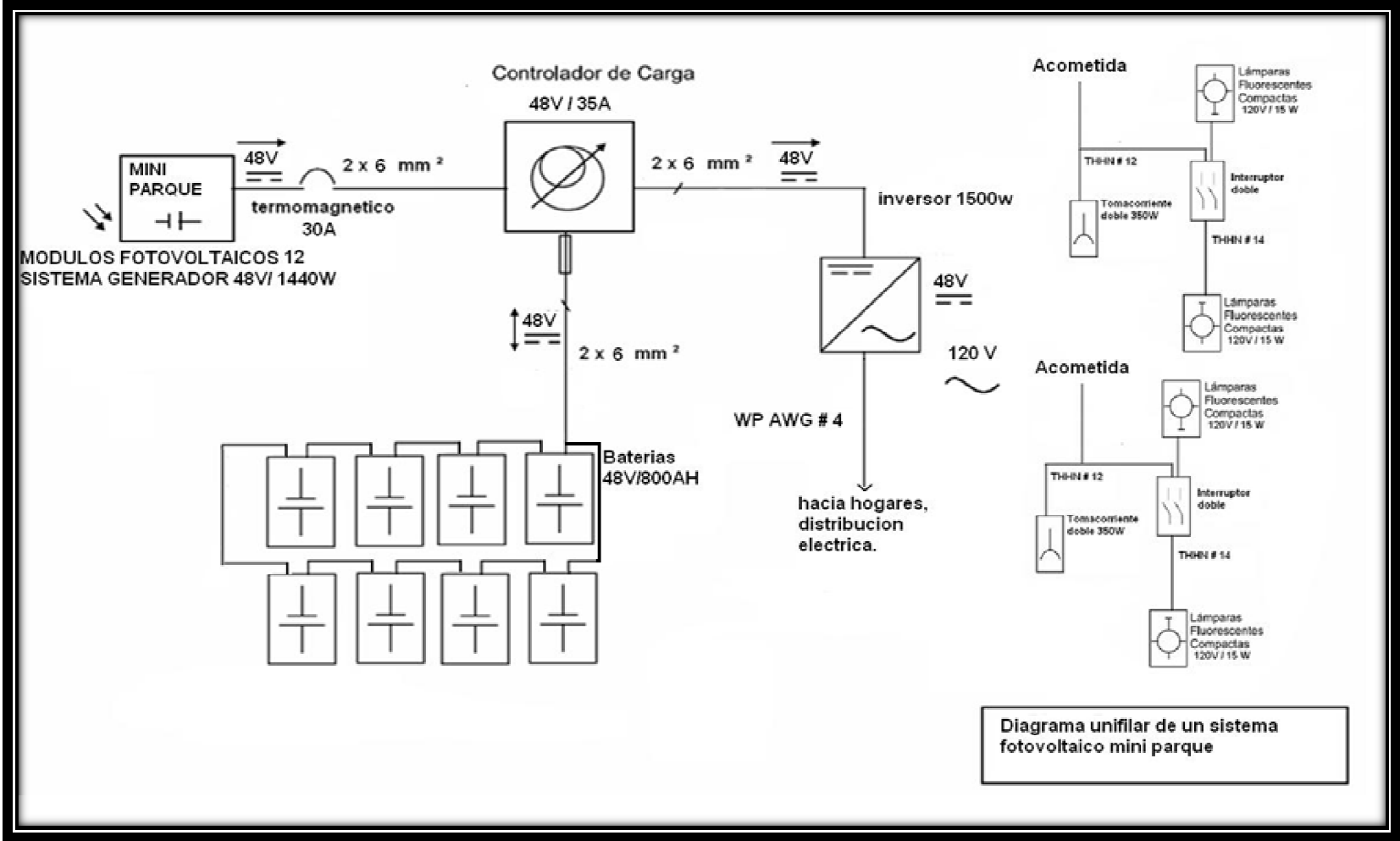
## UNIFILARES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Diagrama unifilar sistema fotovoltaico domiciliario



Anexo 12: Unifilar sistema fotovoltaico domiciliario.

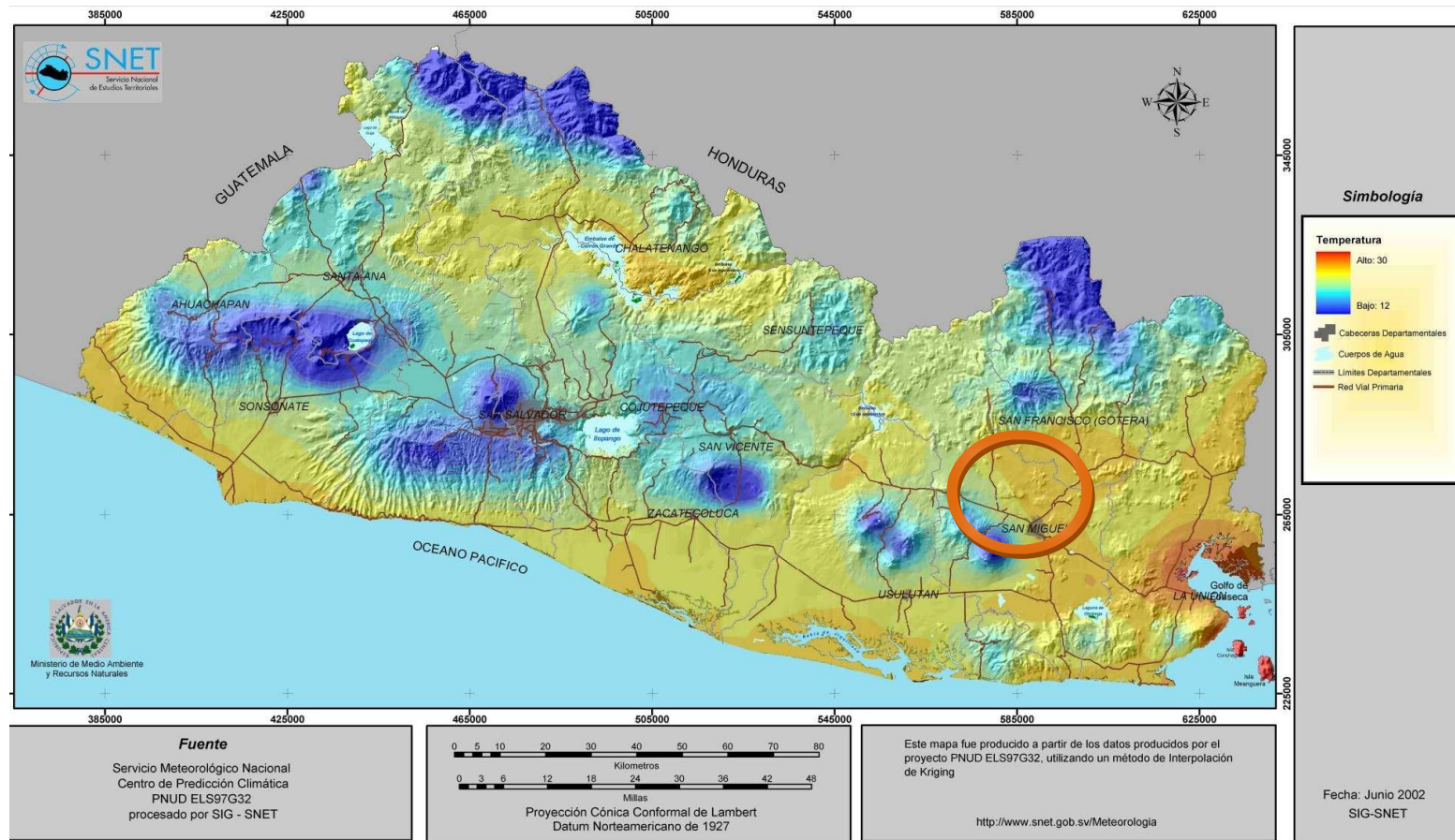
Diagrama unifilar sistema fotovoltaico mini parque



Anexo 13: Unifilar sistema fotovoltaico mini parque

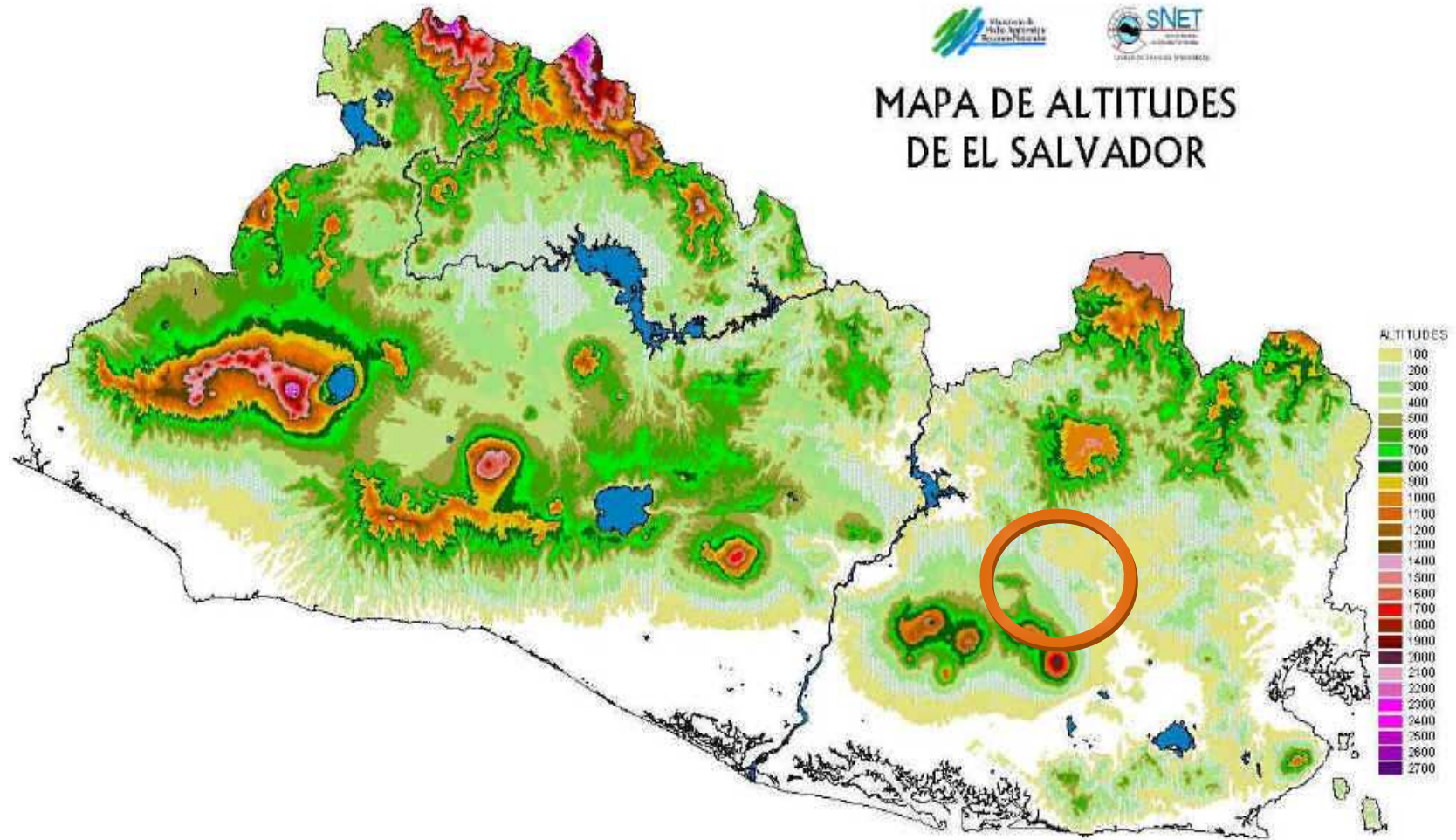
# MAPAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

## Mapa de Temperatura.



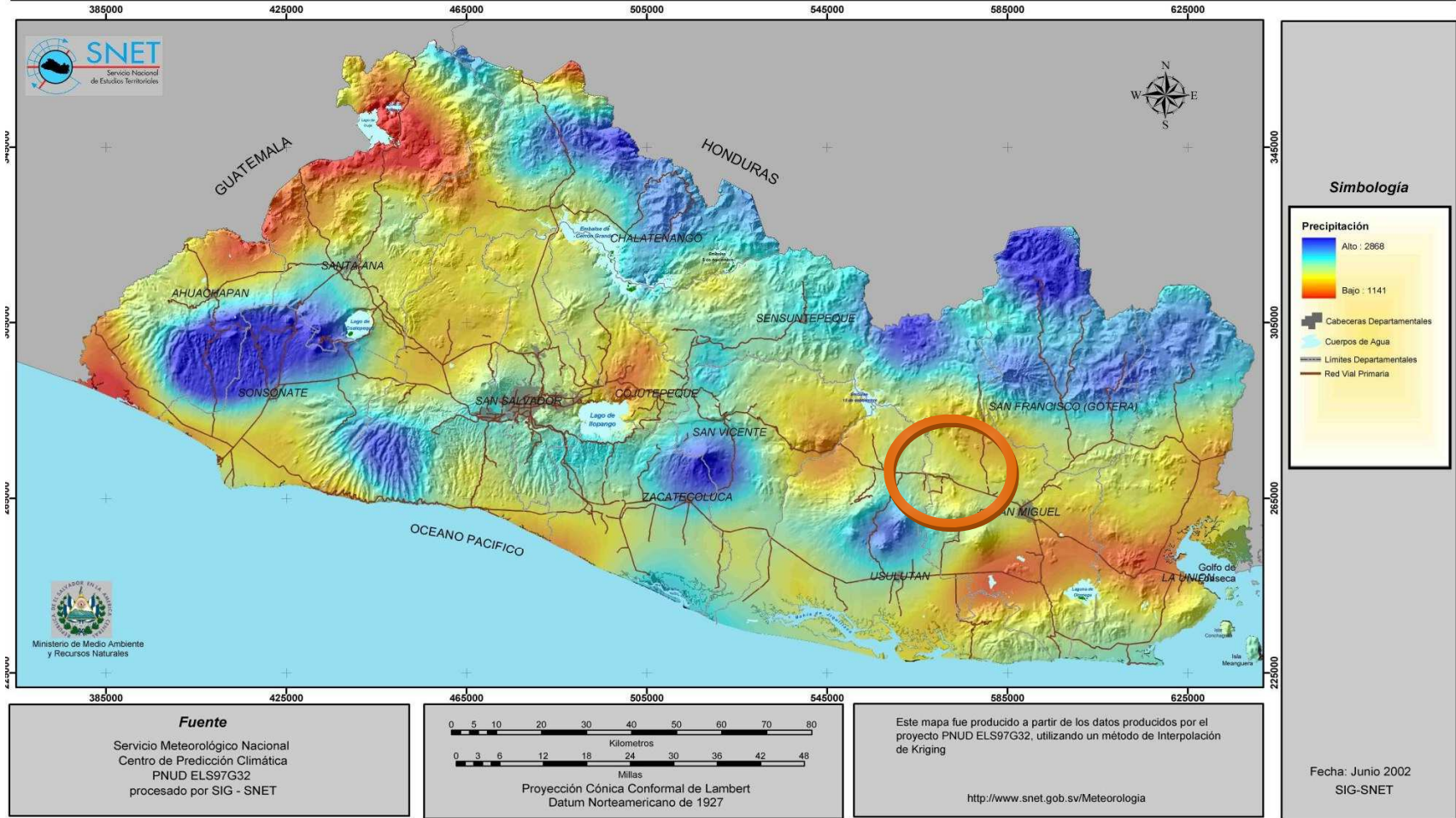
Anexo 14: Mapa de temperatura ambiente en El Salvador

Mapa de Altitudes.



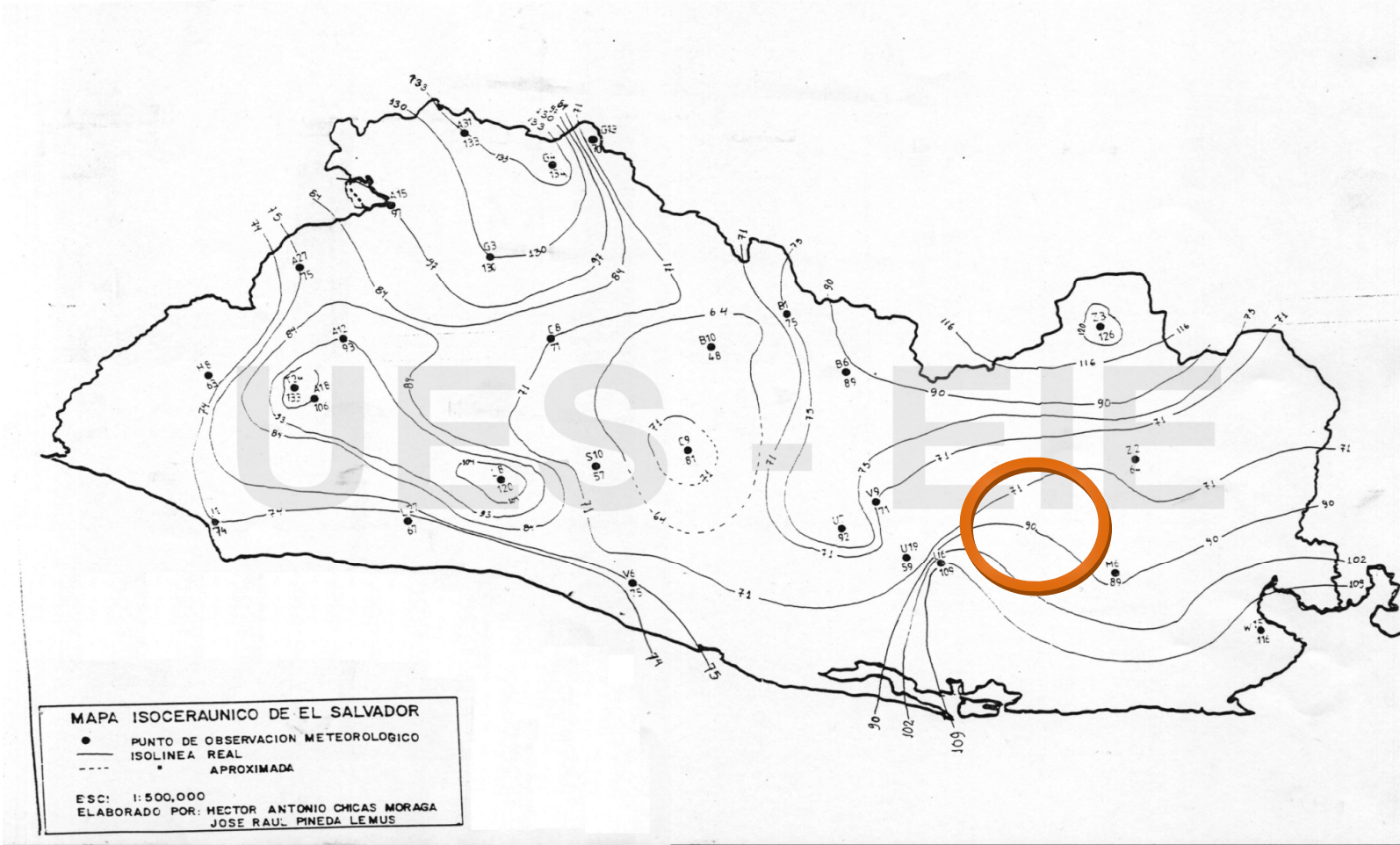
Anexo 15: Mapa de altitudes de El Salvador

Mapa de Pluviosidad.



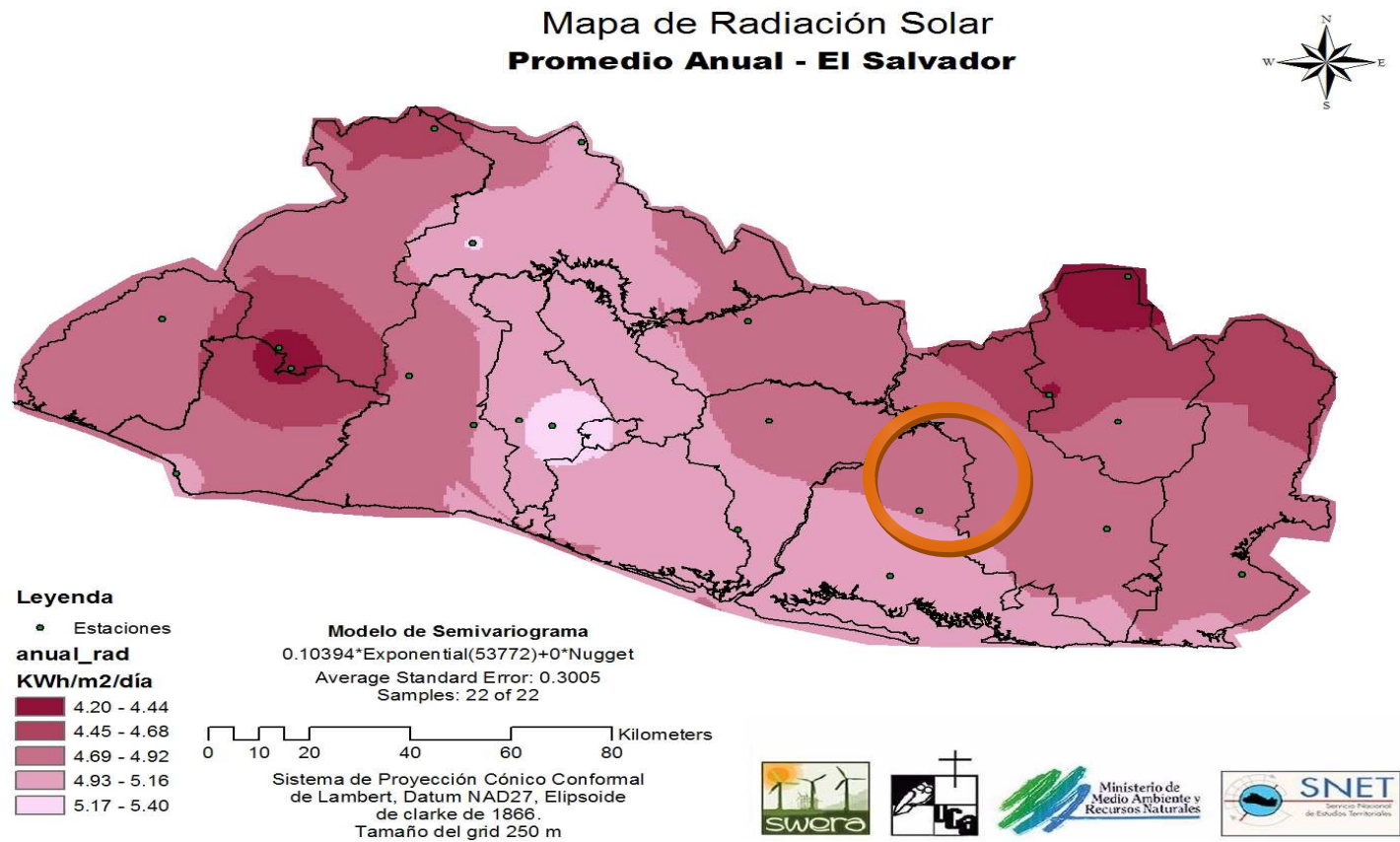
Anexo 16: Mapa de Pluviosidad en El Salvador.

Mapa de Niveles Isoceraunicos.



Anexo 17: Mapa de niveles Isoceraunicos de El Salvador

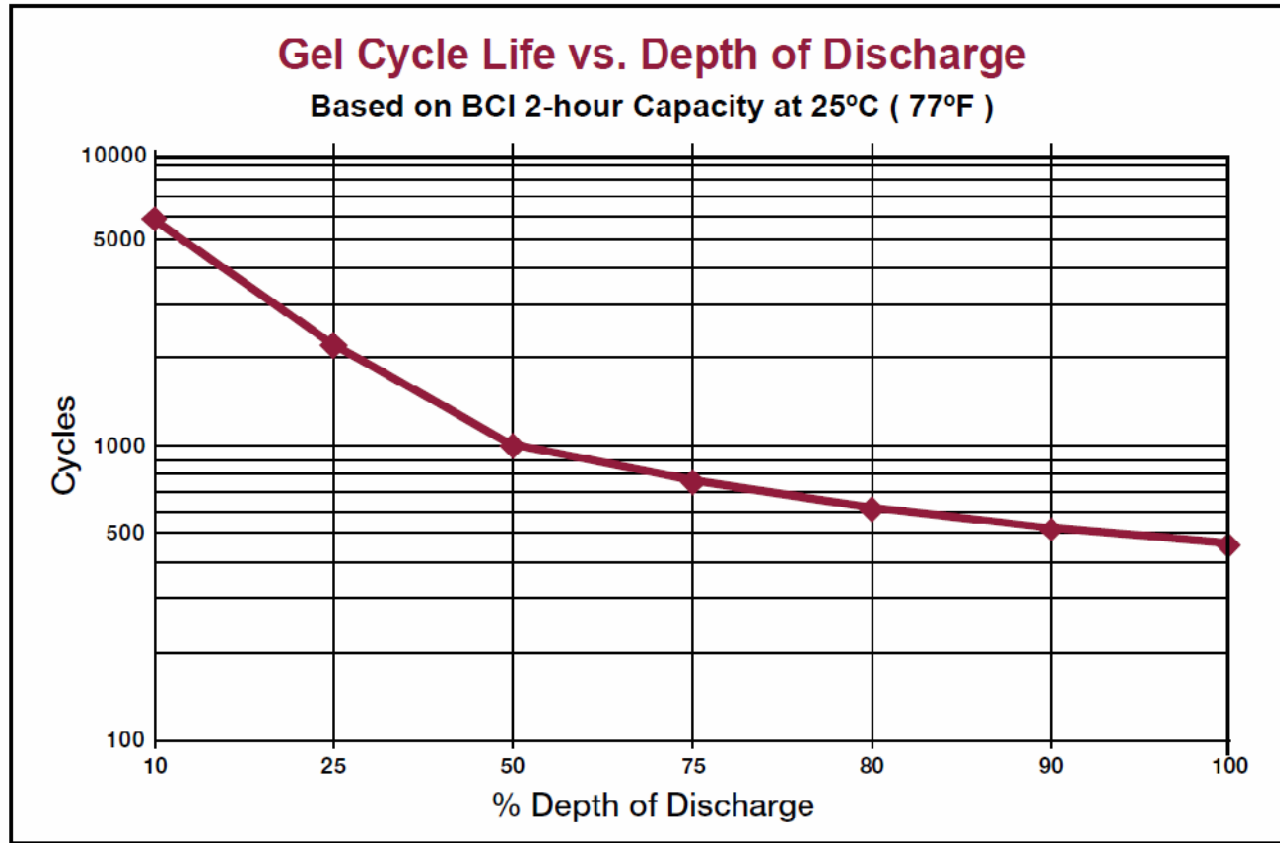
# Mapa de Radiación Anual Promedio



Anexo 18: Mapa de radiación solar de El Salvador

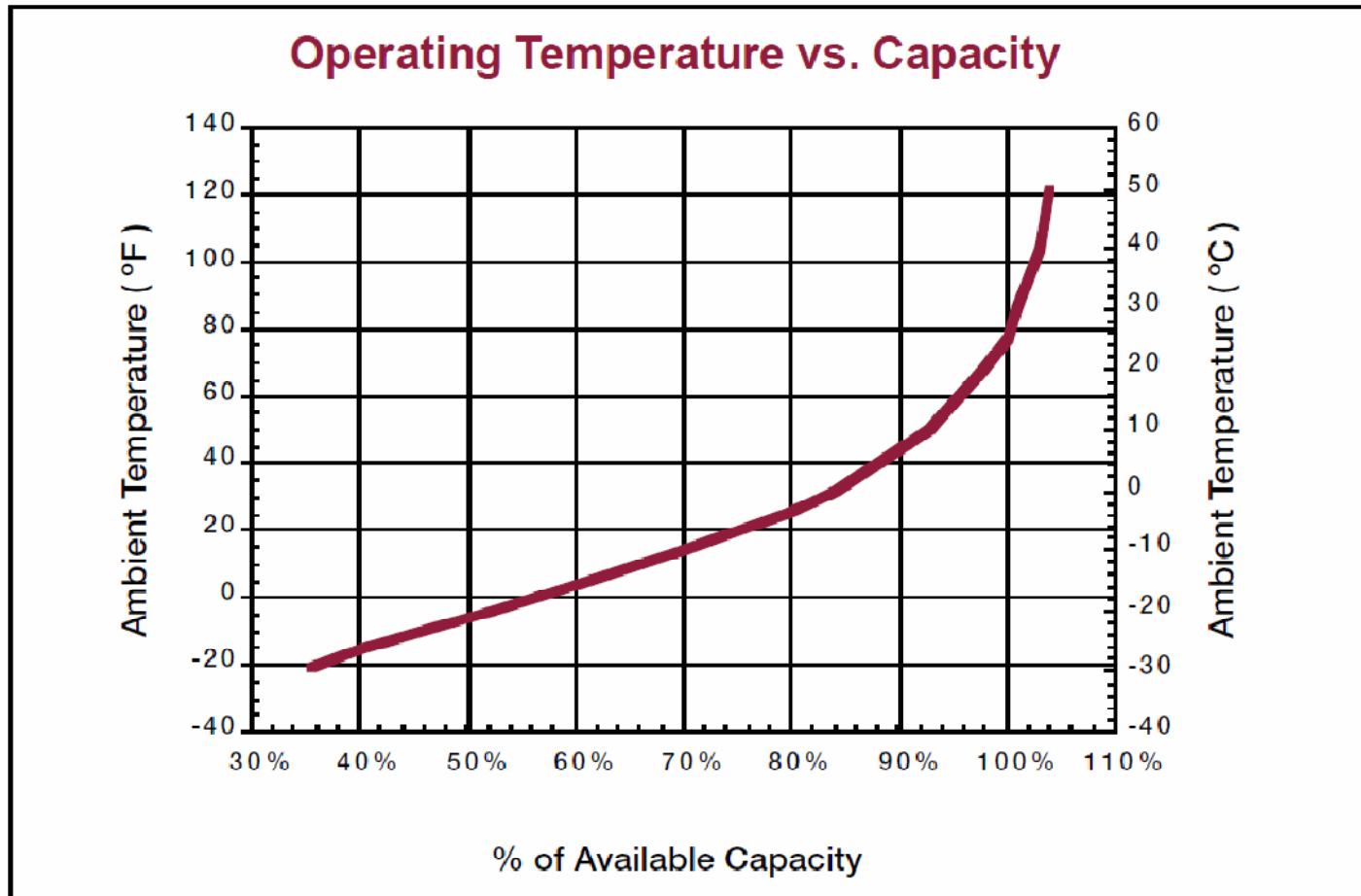
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BATERÍAS.

Ciclo de vida de gel versus profundidad de descarga



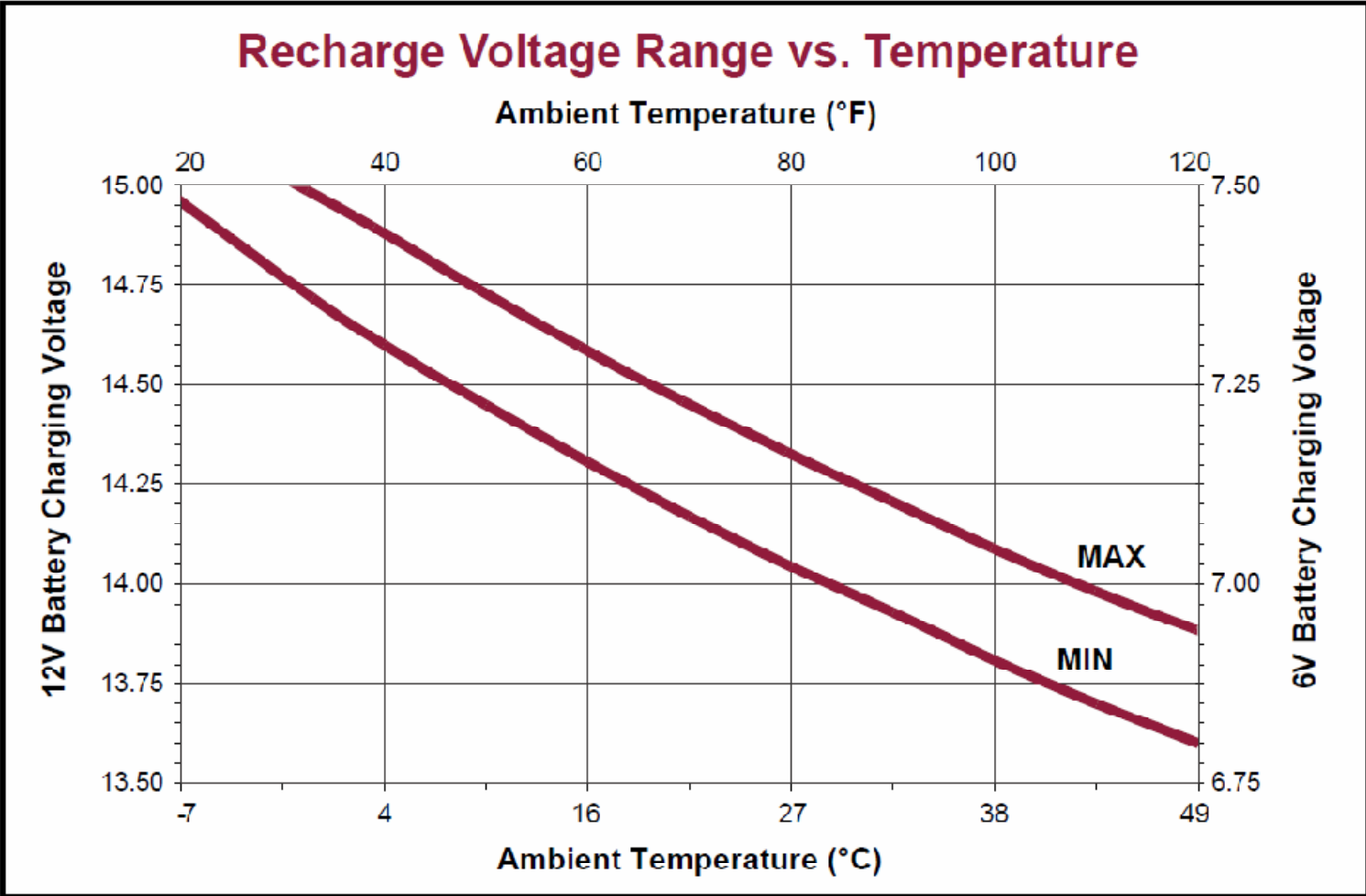
Anexo 19: Curva característica baterías de gel. Ciclo de vida de Gel vs. Profundidad de descarga.

Temperatura de operación versus capacidad.



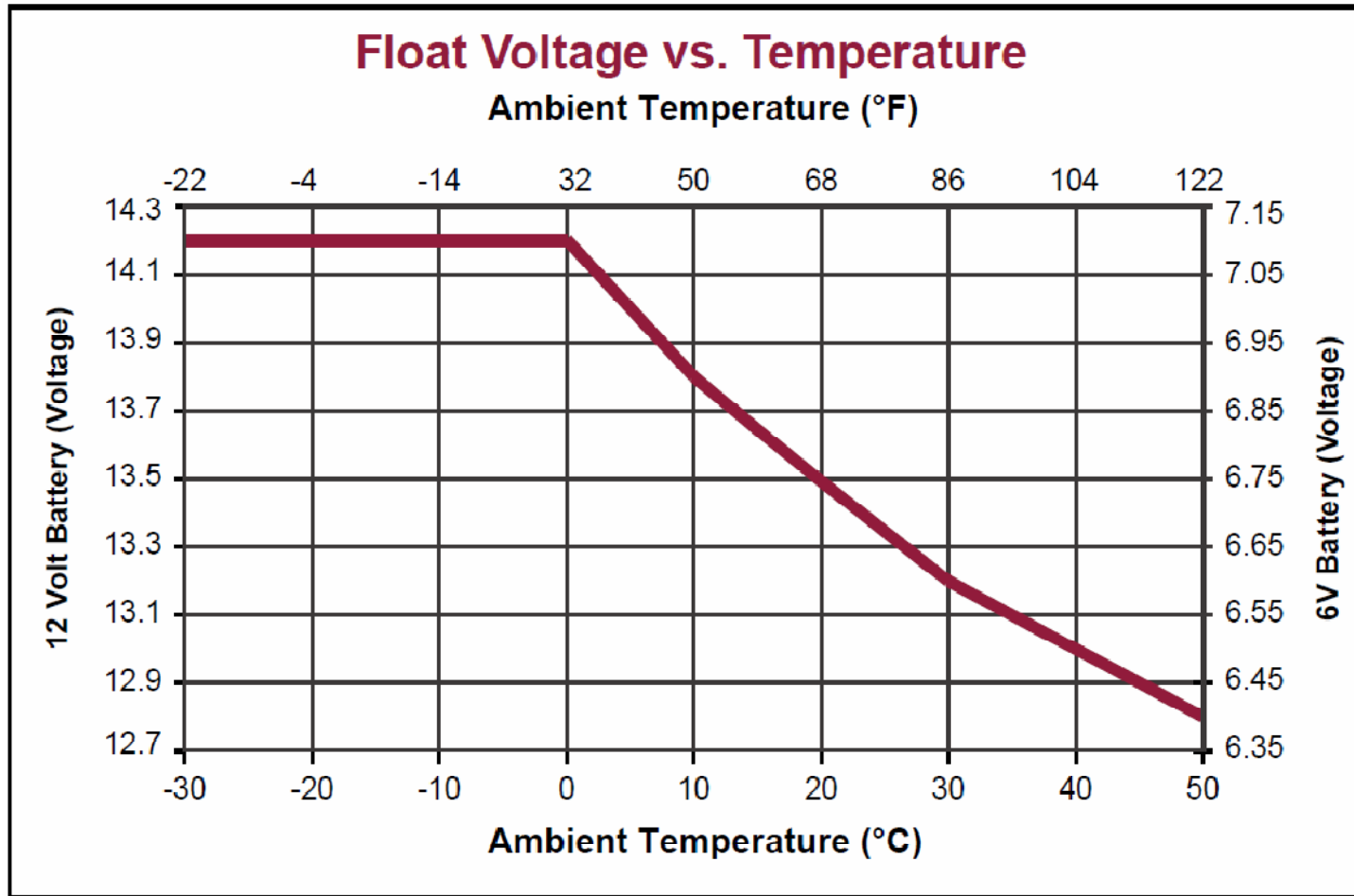
Anexo 20: Curva característica baterías de gel. Temperatura de operación vs. Capacidad.

Rango de voltaje de recarga versus temperatura.



Anexo 21: Curva característica baterías de gel. Rango voltaje de recarga vs. Temperatura.

Voltaje de flotación versus Temperatura.



Anexo 22: Curva característica baterías de gel. Rango Voltaje de flotación vs. Temperatura.