

# MEMORIA DESCRIPTIVA

## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES
2. FINALIDAD DEL PROYECTO
  - 2.1. OBJETIVO GENERAL
  - 2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO
3. JUSTIFICACION DEL EMPLEO DE LA ENERGÍA SOLAR
4. SITUACIÓN
5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA
6. LEGISLACIÓN APLICABLE
7. PLAN DE EJECUCIÓN
8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROYECTO
9. RADIACIÓN SOLAR
10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA
11. INCIDENCIA AMBIENTAL
12. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO
13. BIBLIOGRAFÍA

## 1. ANTECEDENTES

La demanda de energía eléctrica en la sociedad en que vivimos no cesa en su incremento tanto en los países y comunidades desarrollados como en vías de desarrollo, convirtiéndose en uno de los mayores problemas de la sociedad actual pues la demanda crece más rápidamente que la oferta.

Actualmente los principales sistemas de generación de energía eléctrica (no renovables) se basan en el consumo de recursos de la naturaleza cuyo ritmo de recuperación es muy inferior al ritmo del consumo actual lo que añade al problema energético actual el hecho de que los recursos se agotarán en un futuro no lejano.

Así, se estima que las reservas petrolíferas y de gas natural no durarán más de dos generaciones. Las alternativas a estos sistemas son la energía nuclear y el uso de las reservas de carbón. Estos sistemas de generación de energía siguen siendo no renovables y se agotarán en un futuro aunque el horizonte es mucho mayor y las reservas se estima durarán mucho más tiempo. Pero estas alternativas tienen graves problemas medioambientales asociados a su explotación, tan graves que los países desarrollados han alcanzado acuerdos para disminuir su uso en aras de minimizar el daño medioambiental causado por estas explotaciones. Esto hace que las energías renovables sean la verdadera alternativa al problema energético actual.

El nombre de energías renovables lo deben precisamente a emplear recursos cuyo ritmo de renovación en la naturaleza es superior al ritmo de consumo, resolviendo por tanto, el problema del agotamiento de los recursos. Además su actuación en el medio ambiente es muy inferior a cualquiera de los sistemas no renovables, con un nivel de emisiones de contaminantes muy bajos o nulos, resolviendo de esta forma el problema medioambiental asociado.

De entre todas las energías renovables es además la solar, la de menor impacto ambiental asociado y la de mayor materia prima disponible. La energía solar fotovoltaica produce energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente en la superficie terrestre, como se explicará más adelante en detalle, de esta forma la fuente de generación es inagotable y durará el mismo tiempo que el Sol (se estima se extinga en 6.000 millones de años). El impacto medioambiental provocado por las explotaciones fotovoltaicas es mínimo, es importante tener en cuenta que no transforma ninguna materia prima, la radiación solar que aprovecha para la generación de energía eléctrica incide en la superficie terrestre diariamente y su aprovechamiento no afecta más que al suelo en sombra bajo los paneles fotovoltaicos. Hay que tener presente el impacto visual causado por los paneles fotovoltaicos.

Los principales problemas asociados a la energía solar fotovoltaica son el elevado precio asociado a la fabricación de los paneles solares fotovoltaicos lo que hace inviable este tipo de explotaciones y el bajo rendimiento obtenido de la radiación solar incidente.

La continua investigación en el sector y los últimos sistemas desarrollados han hecho posible una disminución considerable del coste de fabricación de los paneles y un incremento de su rendimiento.

Por esto la energía fotovoltaica tiene un gran potencial para contribuir a los objetivos sociales en calidad de vida, salud, seguridad, desarrollo sostenible, conservación de la energía fósil, preservando el medioambiente y los recursos naturales, así como el interés creciente por establecer un sistema descentralizado para la producción de energía, reduciendo así los costes debido al transporte de la energía. La tecnología de plantas solares fotovoltaicas es de aplicación directa para conseguir estos objetivos.

Con motivos de la realización en Marzo del 2006, del Congreso SEDCERO YA<sup>iii</sup>, organizado por la Universidad de Sevilla y el Grupo TAR y auspiciado por numerosas entidades andaluzas, se presentó a través del Dr. Carlos Paz, Presidente de la ONG CESSCA (Centro de Estudios Sanitarios y Sociales para la Ciudadanía Activa), la situación de las

Escuelitas Rurales de El Barrial y Piedritas Blancas en las cercanías de la localidad de Serrezuela al N/O de la Provincia de Córdoba, Argentina.

En ese espacio, se hizo notar la grave problemática vinculada a la accesibilidad y calidad del agua que padecen esos niños y niñas en esos establecimientos educativos. Además del problema de la situación geográfica de sus aldeas, que hace que tengan que recorrer una serie de kilómetros para acceder a la escuela, o un autentico viaje de mas de 20 kilómetros si quisiesen acercarse a la capital de la comarca, que es Serrezuela. Este acceso podría necesitarlo cualquier niño/a o persona de la zona por ejemplo para visitar al medico en caso de enfermedad.

En el mencionado encuentro se llamó a la solidaridad, obteniendo una rápida respuesta por parte de los organizadores. Se movilizaron recursos institucionales que posibilitaron establecer relaciones de cooperación. Resultado de ello, se comunica y se hace llegar a la ONG/CESSCA de Argentina documentación que permite solicitar a la “Fundación De Sevilla” el apoyo financiero para resolver esta problemática.

Se inició así un proceso de análisis y diseño del proyecto conjunto entre la ONG/CESSCA, DIPAS y el grupo TAR. En éste último, diversos alumnos se comprometen en la realización de sus proyectos “Fin de Carrera” a resolver la problemática existente en la zona.

En este caso, se tratará de proporcionar a los habitantes de estas zonas rurales un acceso a la tecnología de las comunicaciones mediante una red de banda ancha, basada en tecnología WiMax, permitiendo con ello una mejora en la educación de los niños/as e incluso una disminución en el tiempo de respuesta para realizar una simple visita medica. La mejora educativa se podrá implantar situando distintos nodos receptores de la red, a los cuales los niños podrán desplazarse para realizar sus ejercicios o para asistir a clases tutoradas, bien sea en persona o a través de videoconferencia. Con esta solución, que deberá adecuarse a las necesidades exactas de cada zona circundante a las escuelitas, según una distribución marcada por los ejes cardinales, podremos reducir en gran medida el

desplazamiento que han de realizar los niños para recibir su justa educación, así como también mejoraremos la calidad de la misma ya que los docentes podrán acceder a inmensidad de datos y técnicas para mejorar dicha educación.

## 2. OBJETIVO O FINALIDAD DEL PROYECTO

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

En el marco de los Objetivos del Milenio referidos a las Metas para el 2015 y los enunciados del Movimiento Sed Cero Ya!!! como son la erradicación de la pobreza extrema, el hambre y lograr una enseñanza y sanidad primaria universal se establece como objetivo general: asegurar de manera continua y fiable y respetando el entorno en el que se ubicará la instalación la comunicación entre los distintos focos de población cercanos, así como su comunicación con los posibles servicios de primera necesidad que se pudieran necesitar, principalmente la atención médica y la educación.

Con ello se persiguen unos niveles de organización comunitaria que promuevan el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos y su construcción como sujetos de derecho.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se pretende dar acceso a Internet mediante la instalación de una red WiMax a una zona de unos 40 Km. de radio teniendo la antena principal una situación privilegiada que le permita cubrir la mayor área posible.

Los posibles problemas que se pueden solucionar son muy diversos y variados, siendo el principal la atención sanitaria, que mejorará su tiempo de respuesta al tener acceso a una consulta médica mediante vídeo llamada, lo cual podría ser instantáneo y evitaría un desplazamiento de varias horas por caminos mal acondicionados. El segundo problema principal que se pretende resolver es la educación, pudiendo desdoblarse las dos escuelas ya existentes permitiendo así una reducción de gran importancia en el tiempo que tardan los

niños/as en ir a su correspondiente escuelita, así como aumentar el número de plazas o el número de niños que tienen acceso a la educación. Otro punto de gran interés que potenciará este proyecto será el acceso a la tecnología de la información puntera hoy en día en el mundo, conocido por Internet, para gente necesitada y con muy pocas posibilidades de formarse en técnicas constructivas o acceder a información de cualquier tipo que para nosotros en esta parte del mundo está al alcance de la mano.

Por último, se pretende con este proyecto dar el paso académico para la consecución, por parte del que suscribe, del título de Ingeniero Técnico Industrial –Especialidad en Electrónica –, cursado en la Escuela Politécnica Universitaria de la Universidad de Sevilla.

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL EMPLEO DE LA ENERGÍA SOLAR

A la hora de justificar el empleo de la energía solar para estas instalaciones, podemos tener dos argumentos determinantes, el económico y el medioambiental.

#### 3.1 JUSTIFICACIÓN ECONOMICA

El primer problema al que se enfrenta una instalación de energía solar, y en general todas las instalaciones de energía alternativa, es el coste inicial. A corto plazo una instalación de este tipo sería poco rentable en comparación con otras energías convencionales, por tanto para que sea rentable se ha de procurar que la instalación tenga una vida útil considerable. Si conseguimos alargar la vida útil del sistema y teniendo en cuenta que los costes de explotación son muy pequeños, ya que la energía del sol es gratuita, y los gastos de mantenimiento insignificantes, habremos resuelto en gran medida el problema.

#### 3.2 JUSTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL

El consumo de energía eléctrica convencional en las instalaciones del tipo de las calculadas no produce contaminación en el mismo ni en sus alrededores más cercanos. Pudiera parecer que un sistema solar de producción de energía no mejoraría la situación anterior desde el punto de vista del medio ambiente. Pero esto no es del todo cierto, ya que la red eléctrica nos entrega una energía que proviene en su mayor parte de centrales que emiten (unas mas y otras menos) una cantidad enorme de CO<sub>2</sub> o radioactividad, afectando a los ecosistemas mas próximos. Evaluando las posibles alternativas del caso concreto que nos concierne podemos comprobar que la otra solución viable es la alimentación de la instalación mediante generadores de gasolina, los cuales hay que decir que son contaminantes, ruidosos y dependientes de una materia prima que es necesario gastar energía en llevarla hasta allí. La energía solar es la energía que nosotros utilizaremos porque ya esta allí, llega la inmensa mayoría de los días y hemos de aprovecharla. Aun así, dado que este tipo de energía no es ideal y depende de que la radiación solar incida en las placas fotovoltaicas, se instalara un generador de gasolina que servirá de energía auxiliar para alimentar la antena principal y la escuelita en la que este situada.

#### 4. SITUACIÓN

En el Departamento Minas, al Noroeste de la Provincia de Córdoba, República Argentina, posee algo más de tres millones de habitantes que se distribuyen en una superficie aproximada de 167.000 Km. cuadrados, siendo su extensión de:

NORTE-SUR de 560 km y ESTE-OESTE de 370 km.

Sus puntos extremos son:

NORTE: mojón de las Mesillas; SUR: mojón trifinio con San Luís y La Pampa;

ESTE: punto de arroyo de las Tortugas y OESTE: mojón de El Cadillo, punto trifinio con La Rioja y San Luís.

Cerca de las Salinas Grandes, se encuentran ubicados dos parajes y/o caseríos, denominados Piedrita Blanca y El Barrial. Estos lugares son sumamente inhóspitos, son



parte del área geográfica de la provincia y del departamento con mayores índices de pobreza y problemas asociados a ella. Se llega con dificultades recorriendo una distancia de 20 km. desde la localidad de Serrezuela, perteneciente al Departamento de Cruz del Eje. Estos parajes, separados entre sí por 12 km., cuentan con dos escuelas de tipología rural, a la que asisten los niños y niñas de los alrededores. Estos niños provienen de familias dispersas en los montes, los que deben caminar entre 4 y 10 km. diariamente, para llegar a las mismas.

En cada escuela vive una maestra que imparte enseñanza de lunes a viernes a todos los grados primarios incluyendo el nivel inicial. Allí asisten entre 30 y 33 niños, variando la matrícula cada año. Esos educandos se encuentran bajo la línea de pobreza, es decir, provienen de familias con necesidades básicas insatisfechas, como por ejemplo, agua, alimentos, vivienda, condiciones de hábitat, ropa, atención médica y odontológica, sin energía eléctrica...

En esos lugares donde la pobreza es estructural, es imposible satisfacer sus necesidades básicas. Una de las causales de ello es la carencia de agua. El agua no está para ellos y su lugar en el mundo. El agua no tiene presencia y la calidad necesaria que permita el desarrollo sustentable y saludable de la región. Las condiciones climáticas, del suelo y su cercanía a las Salinas Grandes agravan y potencializan el problema. La respuesta de sus habitantes se centra en sobrevivir gracias al asistencialismo o migrar a los centros urbanos en áreas marginales donde continúan sufriendo la carencia de servicios pero agravado por perder su pertenencia a su pueblo, es así como se pierde la cultura de los pueblos.

Al grado de tecnología usado en la producción agropecuaria le caben bastantes críticas, salvo en los grandes establecimientos, sólo un pequeño porcentaje de productores realizan planes sanitarios adecuados. Siendo la base de la alimentación las pasturas naturales, de ciclo primavera-estival, no se hacen reservas de forrajes; el sistema de pastoreo directo y continuo lleva al sobrepastoreo, ocasionando graves problemas de deterioro de pastizales y erosión hídrica. Estos problemas nutricionales, sanitarios y de mal manejo se traducen en baja fertilidad y productividad de la agricultura y de la ganadería.

En esta zona las actividades agropecuarias básicas son la ganadería bovina y caprina. Esta última representa la actividad fundamental de los establecimientos pequeños (menores de 500 has.) mientras que en los grandes campos son los bovinos los que adquieren casi total dedicación. La alimentación del ganado descansa principalmente en pasturas naturales de receptibilidad variable, pero en general baja, estimada entre 5 a 10 has. por cabeza.

Los niveles de tecnificación son bajos, la productividad se encuentra muy disminuida por problemas sanitarios, de nutrición y de manejo en general. La zona también se ve estructuralmente afectada por otras limitantes, como falta de infraestructura, insuficiente capital, carencia de títulos de propiedad, tamaño reducido de los establecimientos (minifundios) en gran proporción, inadecuada comercialización de la producción y deficiencias culturales, sanitarias y sociales de los productores.

A nivel de infraestructura faltan caminos, transporte, electrificación, gas, agua segura y teléfonos. En el aspecto social, el productor rural se ve afectado por diferentes endemias como la brucelosis; precariedad de las viviendas, bajo nivel cultural (más de la mitad de la población no ha cumplido el ciclo primario), estructura agraria inadecuada, principalmente minifundios, que provoca un nivel de ocupación de mano de obra deficitario y consecuentemente un marcado éxodo.

## 5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

País: Argentina

Departamento: Minas

Tipo: Comuna.

Pedanía: Guasapampa.

Localidad: Serrezuela (Córdoba).

Límites: al norte y este el Departamento Cruz del Eje, al sur el Departamento

Pocho y al oeste la Provincia de La Rioja.

Población de la comuna El Chacho: 183 habitantes (censo 1991). Además, en los parajes de Piedrita Blanca y El Barrial, se han censado 120 personas.

## 6. LEGISLACIÓN APLICABLE

### 6.1 Instalaciones en régimen especial

- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- La Ley 54/1997 de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico que tiene como objetivos garantizar el suministro eléctrico, la calidad de dicho suministro y que se realice al menor coste posible, todo ello sin olvidar la protección medioambiental.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- Real Decreto-Ley 6/2000, de 23 de junio, de Medidas Urgentes de Intensificación de la Competencia en Mercados de Bienes y Servicios
- Real Decreto 1995/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de

autorización de instalaciones de energía eléctrica.

- Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida. (se modifica en la Disposición adicional primera, el RD 2818/1998)
- Real Decreto 1432/2002, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para la aprobación o modificación de la metodología para la aprobación o modificación de la tarifa eléctrica media o de referencia y se modifican algunos artículos del Real Decreto 2017/1997, de 26 de diciembre, por el que se regula el procedimiento de liquidación de los costes de transporte, distribución y comercialización a tarifa, de los costes permanentes del sistema y de los costes de diversificación y seguridad de abastecimiento.
- Real Decreto 2224/98, de 16 de octubre por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de instalador de sistemas fotovoltaicos y eólicos de pequeña potencia.
- Ley 30/1992, y sus normas de desarrollo.
- UNE-EN 61173:98 “Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía. Guía.”
- UNE-EN 61727:96 “Sistemas fotovoltaicos. Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica”.
- UNE-EN 50330-1 “Convertidores fotovoltaicos de semiconductores. Parte 1: Interfaz de protección interactivo libre de fallo de compañías eléctricas para

convertidores conmutados FV- red. Cualificación de diseño y aprobación de tipo”. (BOE 11/05/99).

- UNE-EN 61227. “Sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía”.

## 6.2 Instalaciones de energía solar fotovoltaica

- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 2818/1998 de 23 de Diciembre sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- Real Decreto 1506/2003, de 28 de noviembre, por el que se establecen las directrices de los certificados de profesionalidad
- Normativa Fotovoltaica de las Compañías Eléctricas Españolas

## 6.3 Instalación eléctrica de baja tensión.

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. RD 842/2002 de 2 de Agosto
- Real Decreto 1433/2002, de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.

- Norma NTE-IEB/2971.
- Norma UNE 20322 de clasificación de zonas.

#### 6.4 Condiciones de seguridad y medioambientales

- Ordenanza laboral de seguridad e higiene en el trabajo. Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Real decreto del 27 de noviembre de 1992 núm. 1435/92, de acuerdo con la directiva de la Comunidad Europea 89/392/CEE (LEG. C.C.E.E. 1989,855).
- Real Decreto del 24 de octubre de 1997 núm. 1627/97, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

#### 6.5 Normativa local o de la comunidad

- Normativas y ordenanzas municipales.
- Conserjería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, Instrucción de 21 de enero de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas. (9 de febrero de 2004, BOJA nº 26 páginas 3362, 3363, 3364)
- Resolución de 23 de febrero de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se establecen normas complementarias para la conexión de determinadas instalaciones generadoras de energía eléctrica en régimen especial y agrupaciones de las mismas a las redes de distribución en baja tensión.
- Anteproyecto de Ley de Fomento de las energías renovables y del ahorro y la eficiencia energética de Andalucía. Octubre 2003

- Orden de 31 de julio de 2003, por la que se regula la concesión de subvenciones para actuaciones en materia energética a entidades locales, empresas publicas de ellas dependientes, instituciones y entidades sin animo de lucro, durante el periodo 2003-2006. Plazo: 1/6/2006
- Carnés profesionales (certificados de cualificación individual), registros de empresas instaladoras y requisitos para acceder a las Orden de 24 de enero de 2003, por la que se establecen las normas reguladoras y se realiza la convocatoria para el periodo 2003-2006 para el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía, del régimen de ayudas del Programa Andaluz de Promoción de Instalaciones de Energías Renovables (PROSOL)
- Reglamento electrotécnico de A. T. y B. T .y sus instrucciones técnicas complementarias MI/B.T.
- Ordenanza General de Higiene y Seguridad en el trabajo.
- R.D. 3275/1982 del 12 de noviembre sobre Condiciones Técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación -B.O.E. 256, 25 octubre 1984.
- Corrección de errores del R.D. 3275/1982 del 12 de noviembre -B.O.E. 15, 18 enero 1983.
- O.M. del 6 de julio 1984 por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación - B.O.E. 183, 1 de agosto 1984.
- O.M. del 18 de octubre 1984 complementaria de la del 6 de julio 1984 -B.O.E. 256, 25 de octubre 1984.

- Ley 38/1972 del 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico.
- Ley 82/1980 del 30 de diciembre sobre conservación de la energía.
- R.D. 872/82 del 5 de marzo sobre tramitación de expedientes de solicitud de beneficios establecidos por la Ley 82/80 del 30 de diciembre.
- Orden de 7 de julio 1982 por la que se establecen las normas para la obtención de la condición de autogenerador eléctrico.
- Orden del 7 de julio 1982 por la que se regulan las relaciones técnicas y económicas entre autogeneradores y empresas o entidades eléctricas.
- Instrucción de 12 de Mayo de 2.006, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, complementaria de la instrucción de 21 de enero de 2.004, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

#### 6.6 Normativa y Directivas Europeas.

- Directiva 2001/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 3 de diciembre de 2001, relativa a la seguridad de los productos
- Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)
- Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.



- Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

#### 6.7 Otras

- Primer Proyecto de Código Técnico de Edificación. Parte fotovoltaica (mayo 2002)
- Real Decreto 636/1993, de 17 de diciembre, por el que se regula el Sistema Arbitral de Consumo (BOE núm. 121, de 21 de mayo de 1993, pág. 15.400)

### 7. PLAN DE EJECUCIÓN

El Proyecto pretende resolver el gran problema de aislamiento que azota a la pedanía de Guasapampa, dentro de las posibilidades existentes para la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de dicha región. Al ser ésta una zona de grandes llanuras con baja densidad de población las ofertas socio-culturales del entorno brillan por su ausencia, así como también ocurre con el acceso a la educación para los más pequeños.

Para ello se atacará al problema partiendo de las escuelitas, creando a partir de ellas una red inalámbrica, de tecnología WiMax que alcanza los 40 km de radio de cobertura, que posteriormente se pueda ir ampliando en diferentes fases de actuación.

En un principio habrá una *Estación Principal* en las escuelitas, teniendo ahí el acceso a Internet que luego se distribuirá mediante la red WiMax, y cuatro *Estaciones Receptoras*, que a su vez también harán las veces de emisoras, ya que permitirán repetir y propagar la señal en las direcciones oportunas. El acceso a Internet se realizará mediante una conexión vía satélite, y a partir de ella se mandará la señal mediante radio-enlace.

Tanto la *Estación Principal* como las *Estaciones Receptoras* contarán con un sistema de generación eléctrica mediante placas fotovoltaicas, que permita hacer uso de la red inalámbrica, así como también poder obtener energía eléctrica suplementaria para otro fin en caso de emergencia o necesidad.

## 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto está totalmente encaminado a mejorar la situación que atraviesa la escuela de Piedrita Blanca. Se pretende en un futuro no muy lejano, llevar a cabo una gran reforma en la escuela.

En colaboración con otros alumnos del departamento se van a realizar diferentes proyectos, como la potabilización de las aguas subterráneas, la red de distribución, la red eléctrica, instalación solar, etc. Se pretende con esto sentar las bases de una planta de experimentación de tecnologías no convencionales, y muy especialmente mejorar la calidad de vida los habitantes de la región con tecnologías de las más avanzadas y todo ello con el máximo respeto posible al medio ambiente y al menor coste posible.

En este proyecto, buscaremos desarrollar una red inalámbrica que permita un acceso rápido, fiable y eficiente a las tecnologías de las comunicaciones a toda aquella persona que transite en unos 40 Km. a la redonda, y que obviamente disponga de algún equipo electrónico que le permita acceder a la red. Dada la situación socio-económica existente en la zona este acceso no será posible en un principio para la mayoría de los habitantes de la zona, ya que no hay tanto desarrollo como para que los habitantes tengan este tipo de aparatos. De todas maneras, dicha puerta quedará abierta para cuando llegue el esperado desarrollo, y se solventará el problema de la carencia de equipos informáticos creando cuatro *Estaciones Receptoras*. En estas estaciones se instalarán equipos informáticos que permitan a los vecinos más cercanos acceder a los diferentes recursos que les proporcionará la red WiMax. La instalación de los equipos informáticos en las *Estaciones Receptoras* se

hará en función de la demanda prevista según la cuantía de personas que vivan en los alrededores de cada una de ellas.

## 9. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar se valora en varias unidades físicas concretas. Las más utilizadas son irradiancia que es la potencia de la radiación solar por unidad de área y se expresa en la unidad correspondiente del Sistema Internacional, es decir, en julios dividido por metro cuadrado o sus múltiplos (MJ). En este último caso, y por razones prácticas, también se emplea una unidad de energía muy frecuente en el mundo real, el kWh (kilovatio por hora). El cambio es muy simple:  $1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$

La distribución de la radiación solar se debe a la atenuación de la misma debido a la reflexión, absorción y difusión que los componentes atmosféricos producen sobre la radiación solar. Al pasar la radiación solar por la atmósfera se reduce la intensidad de la radiación debido a:

- reflexión de la atmósfera, incluidas las nubes.
- absorción de las moléculas que componen la atmósfera.
- difusión producida por las moléculas de aire y otros componentes, incluidos los aerosoles.

En la superficie terrestre, en un plano horizontal, un día claro al mediodía la irradiancia alcanza un valor máximo de unos  $1000 \text{ W/m}^2$ . Este valor depende del lugar, y sobre todo, de la nubosidad. Si se suma toda la radiación global que incide sobre un lugar determinado en un periodo de tiempo definido se obtiene la energía en  $\text{Kwh / m}^2$  (o en  $\text{MJ / m}^2$ )

La radiación solar que incide sobre la superficie terrestre se puede aceptar formada por dos componentes: directa y difusa. La radiación directa es aquella que alcanza la superficie directamente desde el sol, mientras que la difusa procede de toda la bóveda

celeste y se origina sobre todo en las interacciones de la radiación solar con los componentes atmosféricos.

## 10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA

### 10.1 EL EFECTO FOTOVOLTAICO

La transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica se realiza mediante un dispositivo denominado célula solar. Al proceso por el cual se produce esta transformación se le denomina efecto fotovoltaico. Este efecto se puede producir en sólido, líquidos y gases, aunque hoy en día se logran las mejores eficiencias en sólidos.

Las células solares están formadas por materiales semiconductores como el silicio, arseniuro de galio, telurio de cadmio o diseleniuro de indio y cobre. Se utilizan estos semiconductores porque sus átomos son muy sensibles a la energía de los fotones de la radiación solar incidente cuya longitud de onda está entre 0,35 y 3 micrómetros. A nivel mundial la casi totalidad está fabricada de silicio monocristalino, policristalino y silicio amorfo.

El principio de funcionamiento de una célula solar se explica a partir del funcionamiento de una célula de silicio cristalino. El átomo de silicio forma una red cristalina estable. Cada átomo de silicio tiene cuatro electrones de valencia en su capa exterior. Para formar una configuración electrónica estable, forman redes cristalinas compartiendo sus electrones con los de los átomos contiguos formando enlaces de pares de electrones.

Para que el silicio funcione como productor de energía se introducen impurezas (proceso de dopado), en estado de fusión, como son átomos de fósforo y de boro. Los del primer tipo tienen 5 electrones de valencia y los de segundo tipo tienen 3 (uno más y uno menos), dando lugar cada tipo respectivamente a un cristal semiconductor tipo n y a un

cristal semiconductor tipo p. Al unir ambos cristales crea lo que se denomina unión p-n, caracterizada por tener un electrón de sobra en el cristal n y uno de menos (o un hueco libre) en el cristal p. Si a esta unión se le aplica una diferencia de potencial externa, positiva en el lado p, se crea un campo eléctrico con lo que ciertos electrones de la zona n pasarán a la zona p, al disminuir la diferencia neta de potencial previa.

Así, exponiendo la unión p-n a la radiación solar, los fotones asociados a la radiación tienen una energía que es capaz de romper los enlaces y crear pares electrón-hueco, dirigiéndose el electrón a la zona n y el hueco a la zona p, creándose una corriente eléctrica  $I$ .

Esta intensidad es proporcional, para una determinada longitud de onda, a la irradiancia incidente ya que al aumentar la irradiancia aumenta el número de fotones. El valor de  $I$  dependerá de la longitud de onda de los fotones ya que la energía de un fotón disminuye a medida que aumenta la longitud asociada.

## 10.2 EL GENERADOR FOTOVOLTAICO

El dispositivo básico en el cual tiene lugar la conversión de energía es la célula solar. La asociación eléctrica de varios de estos dispositivos encapsulados entre materiales que los protejan de los efectos de la intemperie se conoce como módulo fotovoltaico. Un sistema fotovoltaico está formado por el generador (asociación eléctrica de varios de módulos con la combinación adecuada para obtener la corriente y el voltaje necesarios para una determinada aplicación), el acumulador de energía (baterías), el acondicionamiento de potencia (reguladores, inversores,...) y las cargas (luminarias, TV ... o la propia red eléctrica convencional en el caso de conexión a red).

Una célula solar fotovoltaica, un módulo FV, o un generador FV, pueden caracterizarse por un circuito eléctrico equivalente y por una curva  $I$ - $V$ , variable en función de las condiciones ambientales de irradiancia incidente y temperatura de operación.

La ecuación que describe el comportamiento eléctrico de una célula solar fotovoltaica viene dada por:

$$I = I_L - I_o \left[ \exp \left( \frac{V + IR_s}{m v_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p}$$

Siendo:  $v_t = \frac{kT}{q}$  ,

y donde  $I_L$  ,  $I_o$  ,  $m$  ,  $R_s$  y  $R_p$  son los parámetros característicos para el dispositivo fotovoltaico en cuestión:

- $I_L$  es la corriente fotogenerada, [A]
- $I_o$  es la corriente de oscuridad, [A]
- $m$  es el factor de idealidad del diodo
- $R_s$  es la resistencia serie, [Ohm]
- $R_p$  es la resistencia paralelo,[Ohm]
- $v_t$ : voltaje térmico(  $kT/q$ , siendo  $k$  la constante de Boltzman,  $k=1.3854 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ ,  $T$  la temperatura del dispositivo [K] y “ $q$ ” la carga del electrón,  $q=1.6021 \times 10^{-19} \text{ c}$ ).

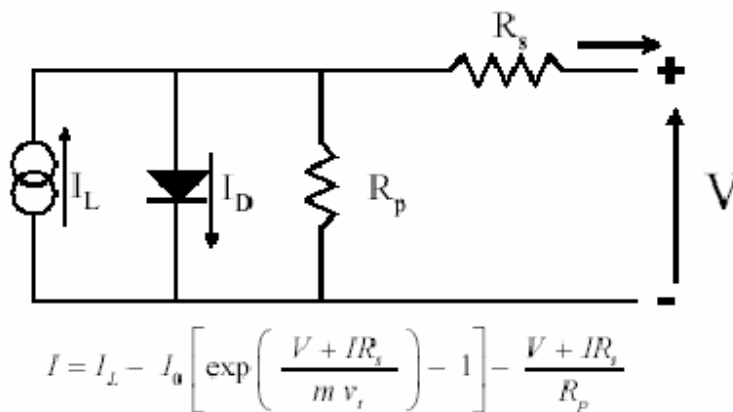


Fig. 1 Circuito equivalente de una célula solar y efecto de la incidencia de luz en la característica I-V de una unión p-n.

Los parámetros usados para caracterizar la salida de las células solares ideales, para una irradiancia dada, una temperatura de operación y una determinada área son:

- Corriente de cortocircuito,  $I_{sc}$ , la corriente máxima, a voltaje cero. Idealmente sí

$V=0$ ,  $I_{sc}=I_L$ ,  $I_{sc}$  es directamente proporcional a la luz disponible.

- Voltaje de circuito abierto,  $V_{oc}$ , máximo voltaje, a corriente cero.  $V_{oc}$  aumenta logarítmicamente con la irradiancia incidente.
- Punto de máxima potencia,  $P_m$ , donde el producto  $V_m \times I_m$  alcanza su valor máximo.
- El factor de forma,  $FF$ , es una medida de la calidad de la unión y de la resistencia serie de la célula.

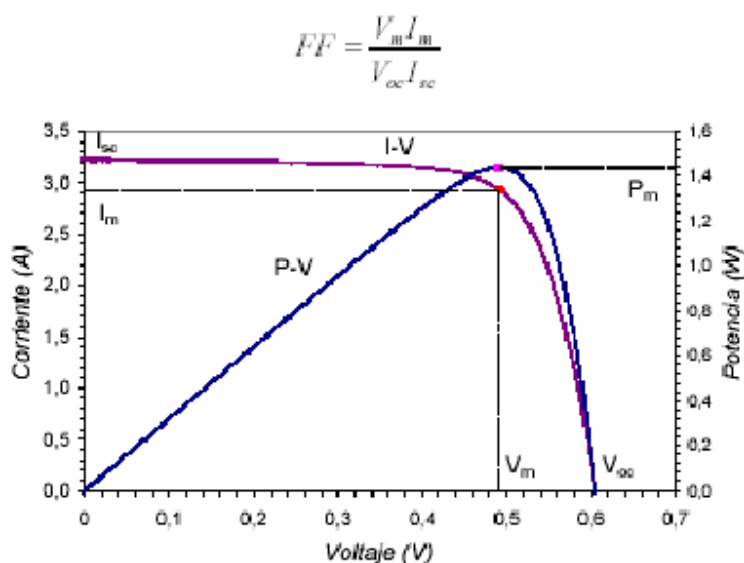


Fig. 2 . Curva I-V de una célula de 100 cm<sup>2</sup> de área en condiciones estándar de medida, STC (1000 W/m<sup>2</sup> de irradiancia incidente normal, 25°C de temperatura de célula y espectro normalizado AM1,5)

Para cada punto de la curva I-V, el producto de la corriente y la tensión representa la potencia de salida en las condiciones de operación. La potencia máxima en condiciones estándar de medida, STC, (1.000 W/m<sup>2</sup> y 25°C) se conoce como la potencia pico de la célula (se indica habitualmente con un subíndice p; ejemplo  $P=150W_p$  se lee “potencia igual a 150 Watios pico” indicando que están referidos a STC).

Una célula FV típica de silicio cristalino genera un voltaje de circuito abierto entorno a los 0,6V y una corriente de cortocircuito que depende del área de célula ( 3 A para un área de 100 cm<sup>2</sup>). Debido a su pequeña potencia, las células se asocian en serie y en

paralelo en módulos FV, que además aportan un soporte rígido y una protección contra los efectos ambientales. Si la potencia suministrada por un módulo FV no es suficiente para una aplicación determinada se realizan asociaciones serie y paralelo de módulos para formar un generador FV. Los parámetros de un módulo FV, o de un generador FV pueden obtenerse, en general, multiplicando los de una célula que lo componen por el número de células conectadas en serie,  $N_s$ , y por el  $n^\circ$  de células conectadas en paralelo,  $N_p$ . (En realidad, debido a las características diferentes de las células que componen un módulo FV, o de los módulos que componen un generador FV, se producen determinadas pérdidas denominadas “pérdidas de conexionado” o “pérdidas de mismatch”). Cuando las células o módulos FV se asocian en serie, circula la misma corriente a través de ellas, y el voltaje resultante es la suma de los voltajes de cada una. Cuando se asocian en paralelo se suma la corriente para un mismo valor de la tensión. Si por ejemplo se tienen dos células conectadas en serie, con diferentes valores de  $I_{sc}$ , la corriente resultante de la asociación será igual a la corriente de la célula de menor  $I_{sc}$ , limitando la célula peor la corriente. Esto da lugar a que en el caso de módulos FV con varias células conectadas en serie se utilicen diodos de protección, denominados “bypass”, para prevenir el fenómeno de “punto caliente”.

En caso de sombreado de una de las células FV que componen una asociación serie, esta genera menos corriente y limita la corriente de las demás. Ello es equivalente a que esta célula se “polariza en inversa” y pasa a disipar el exceso de potencia generada por todas las demás, pudiendo llegar a dañarse irreversiblemente. En este caso los diodos “bypass” se polarizarían en directa y permitirían un paso alternativo a la corriente.

En general los módulos FV disponen de un diodo “bypass” por cada 18 células FV conectadas en serie. Actualmente existen muchos fabricantes de células y de módulos fotovoltaicos que ofrecen un producto comercial de características estándar aplicables a este proyecto. Todos estos desarrollos ofrecen rendimientos bajo condiciones de laboratorio cercanos al 20 % que quedan reducidos a valores máximos del 16 % trabajando en condiciones reales.



### 10.3 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

El sistema de energía solar fotovoltaica funciona de la siguiente manera, primero capta la energía solar y la transforma en energía eléctrica en forma de corriente continua a 24 voltios, almacena la energía que no utiliza en ese momento y posteriormente se convierte en corriente alterna con una tensión de 220 voltios, lista para ser utilizada por los receptores eléctricos que se conecten a la instalación. El sistema fotovoltaico consta de los siguientes elementos, cuya función se explica a continuación:

Módulos de paneles solares fotovoltaicos: el objetivo de los paneles solares fotovoltaicos es la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica en forma de corriente continua. Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

- Módulos de silicio monocristalino: son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- Módulos de silicio policristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.
- Módulos de silicio amorfo: tienen menor eficiencia que los 2 anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

- Potencia:

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>) y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C. En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media, por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia, hasta 160 Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

Los paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas conectadas convenientemente para obtener valores de potencia, tensión y corriente eléctrica en valores adecuados para su posterior utilización.

Baterías de acumulación: Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.

- Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza

intensamente durante la noche para hacer funcionar tanto lámparas o bombillas así como un ordenador o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.

- Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un ordenador.

- Características de las baterías:

En su apariencia externa este tipo de baterías no difiere mucho de las utilizadas en automóviles. Sin embargo, internamente las baterías para aplicaciones fotovoltaicas están construidas especialmente para trabajar con ciclos de carga/descarga lentos. Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas. La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días

nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías.

También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo. Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación.

- Mantenimiento y vida útil:

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas ‘baterías libre de mantenimiento’, no lo necesitan. Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta "muere súbitamente" debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga. Si se carga una batería más de lo necesario, o si se descarga más de lo debido, ésta se daña. Normalmente, procesos excesivos de carga o descarga tienen como consecuencia que la vida útil de la batería se acorte considerablemente.

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga.

### Sistema de regulación y control de carga:

Este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas. Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es aconsejable adquirir siempre un regulador de carga de buena calidad y apropiado a las características de funcionamiento (actuales y futuras) de la instalación fotovoltaica. También, se recomienda adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

Convertidor de onda o Inversor: el convertidor de onda o inversor permite transformar la corriente continua de 24 voltios que producen los paneles y proporcionan los acumuladores, en corriente alterna de 220 voltios, y poder así usarla en los distintos receptores de la instalación. Debe suministrar una corriente alterna con forma senoidal a tensión y una frecuencia estable.

El convertidor de onda dispondrá además de sistemas de control de la tensión y dispositivos de desconexión en caso de valores eléctricos fuera de los márgenes especificados.

## 10.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Cuando se plantea el diseño de una instalación fotovoltaica aislada hay que tener en cuenta las características particulares de este tipo de instalaciones, como es que la radiación

solar que incida sobre los módulos fotovoltaicos en un día futuro no se conoce con exactitud. Los datos de radiación que se manejan son estimaciones que se refieren normalmente a valores diarios medios mensuales, donde los errores son menores.

La instalación eléctrica fotovoltaica se encargará de suministrar la energía necesaria a los equipos informáticos instalados en cada una de las *Estaciones*, así como de almacenar la no utilizada en las baterías.

La captación de la radiación solar se realizará a través de los paneles fotovoltaicos, y el número de ellos se ha calculado en el anexo con el fin de cumplir con los valores de potencia y consumo estimados en los momentos más desfavorables. Los paneles se montarán en la superficie dispuesta para los mismos. Para evitar desperfectos en los paneles debido a tránsito de animales y las sombras provocadas por la vegetación baja, se opta por fijar los paneles a una estructura metálica con altura suficiente para evitar estos daños. Dicha estructura dispondrá de tres posiciones distintas, cada una de ellas con un ángulo de inclinación distinto, lo que permitirá un mejor aprovechamiento de la energía que incida en los paneles.

El primer paso para el diseño es el balance energético. A partir de los datos geográficos, datos de radiación solar de la zona, características de los paneles a utilizar y cálculo de pérdidas se obtiene el balance energético de la instalación que a continuación se desglosa.

#### **Previsión del consumo de potencia:**

-*Estación Emisora:* se dotará a dicha estación con cinco ordenadores con equipo de conexión a Internet incorporado, una antena WiMax omnidireccional y un equipo de acceso a Internet vía satélite.

EQUIPOS	NÚMERO	POTENCIA NECESARIA(W)	TIEMPO DE UTILIZACIÓN DIARIO(h)	CDA (W•h/día)
Ordenador	5	60	6	1800
Eq.via satellite	1	0.035	24	0.84
Ant.WiMax Omnid.	1	18	15	270
TOTAL				2071

*-Estaciones Receptoras:* se dotará a dichas estaciones con cinco ordenadores con equipo de conexión a Internet incorporado y una antena WiMax sectorial, de tal manera que la bisectriz del sector cubierto por la antena apunte a la antena situada en la *Estación Emisora*.

EQUIPOS	NÚMERO	POTENCIA NECESARIA(W)	TIEMPO DE UTILIZACIÓN DIARIO(h)	CDA (W•h/día)
Ordenador	5	60	6	1800
Ant.WiMax Sectorial.	1	10	15	150
TOTAL				1950

## 10.5 ENERGÍA CAPTADA POR LOS PANELES

Para realizar los cálculos del dimensionamiento y el número de elementos necesarios para la instalación fotovoltaica es necesario saber la cantidad de radiación solar que podemos recibir en una superficie determinada. La energía recibida por el panel fotovoltaico depende de numerosos factores, entre ellos cabe destacar los siguientes parámetros:

- Latitud del lugar
- Ángulo de inclinación de la superficie
- Horas de Sol Pico (HSP). Es el número de horas de sol que el panel recibe una intensidad solar constante de  $1000\text{W/m}^2$ , durante un día medio en un determinado mes, sobre una superficie horizontal plana de  $1\text{ m}^2$ . Depende de cada mes debido a la traslación del la Tierra. Para los cálculos se tendrá en cuenta el mes más desfavorable.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. A esta potencia se la conoce como irradiancia. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones.

Los datos de partida son los siguientes:

- Coordenadas geográficas de la instalación:  $-30^{\circ} 49' 65^{\circ} 39'$
- Inclinação del panel:
- Ausencia de árboles o edificaciones cercanas que proyecten su sombra sobre la situación de los paneles generadores.
- El valor de irradiación (H) media mensual que incide en la zona es:

Mes	E	F	M	A	M	J
<b>MJ/m<sup>2</sup></b>	23,1	21,3	17,6	13,4	10,6	9
<b>KWh/m<sup>2</sup></b>	6,4	5,9	4,8	3,7	2,9	2,5
Mes	J	A	S	O	N	D
<b>MJ/m<sup>2</sup></b>	10	12,8	15,8	18,9	22,6	23,1
<b>KWh/m<sup>2</sup></b>	2,7	3,5	4,3	5,2	6,2	6,4
	8	6	9	5	8	2

MEDIA:  $\text{MJ/m}^2 = 16,5$  ,  $\text{KWh/ m}^2 = 4,58$

## 10.6 PANELES FOTOVOLTAICOS

Con los datos preliminares que se han reflejado en los apartados anteriores y teniendo en cuenta otros factores importantes como son las pérdidas que se producen en



las baterías por descarga, y las pérdidas del regulador y los aparatos eléctricos, se ha llegado a la conclusión que se requiere una demanda energética de 2071 Wh/día en la *Estación Emisora* y de 1950 Wh/día en cada una de las *Estaciones Receptoras*.

El tipo de paneles que se emplearán, será el modelo I-94 de la casa ISOFOTÓN, ofreciendo cada uno una potencia de 94 vatios. Según los cálculos que se detallan en la Memoria de Cálculos, para cubrir la necesidad energética citada anteriormente, serán necesarios 18 módulos fotovoltaicos para el caso más desfavorable, que es el de la *Estación Emisora*. Se adoptará la misma configuración para el resto de estaciones, que tienen un consumo medio ligeramente inferior, permitiendo así un libre uso de la energía eléctrica sobrante.

Los 18 paneles se colocarán en dos filas en serie de 9 paneles en paralelo cada fila. Al producir cada panel a la salida una tensión de 12 voltios, la configuración de los 18 paneles ofrecerá 24 voltios a la salida.

Los módulos fotovoltaicos I-94 están compuestos por células cuadradas de silicio monocristalino de gran pureza y eficiencia, texturadas y con capa antirreflexiva. Las células fotovoltaicas serán protegidas con un vidrio templado de bajo contenido en hierro, de alta transmisibilidad, resistente a impactos y de fácil limpieza. El marco será de perfil de aluminio anodizado resistente a la oxidación y a la corrosión.

Las características eléctricas de los paneles serán las siguientes:

- |   |        |
|---|--------|
| ▪ Potencia Pico Típica (Pp):  | 94 W   |
| ▪ Tensión a Potencia Pico (Vpp)                                       | 16 V   |
| ▪ Corriente a Potencia Pico (Ip)                                      | 5,88 A |
| ▪ Tensión a Circuito Abierto (Voc)                                    | 12 V   |
| ▪ Temperatura de las células fotovoltaicas para los valores nominales | 25 °C  |
| ▪ Contactos redundantes, múltiples, en cada célula.                   |        |

- Circuito laminado entre dos capas de EVA (etilen-vinil acetato. Cara frontal con protección de vidrio templado de alta transmisividad. Cara posterior protegida con Tedlar de varias capas.
- Marco de aluminio anodizado
- Toma de tierra.
- Caja de conexión con diodo de Bypass.
- Conexión en cable de doble envolvente.

Las características físicas de los módulos serán las siguientes:

- Longitud: 1.206 mm
- Anchura: 651 mm
- Peso: 10 Kg.

Los 18 paneles configurados tal y como se detalla anteriormente serán situados en un lugar llano, libre de toda sombra y junto a la caseta fotovoltaica. La estructura elegida para soportar los paneles permite un ajuste de la inclinación del plano perpendicular a la línea que une el campo de paneles y el Sol. Gracias a este sistema podemos ajustar fielmente la inclinación de nuestros módulos, e incluso una modificación de la misma para un mayor aprovechamiento energético en los meses de verano. Es una posibilidad que queda abierta gracias a este sistema.

La orientación de los paneles será hacia el Norte y tendrán una inclinación de 30°, estarán unidos a la estructura metálica que los soporte mediante tortillería de acero inoxidable, y sujetas al suelo mediante una cimentación adecuada. Se utilizará un diodo para realizar un “by-pass”, con el objeto de evitar posibles calentamientos y pérdidas de potencia por una inversión de corriente, que se produciría en el caso que quedaran a la sombra alguno de los paneles.

Todos los paneles dispondrán de una conexión para toma de tierra, e irán todas estas conexiones unidas entre sí y con las estructuras soporte de los paneles, y a su

vez estarán conectados con la red de protección de tierra de la instalación mediante un hilo de cobre de sección 16 mm<sup>2</sup>.

### 10.7 BATERÍAS DE ACUMULACIÓN

Las baterías de acumulación se encargaran de almacenar la energía ofrecida por los paneles y garantizar el suministro eléctrico en periodos de baja o nula radiación solar. También se encargara de suministrar energía en los momentos en los que la demanda energética sea superior a la energía eléctrica ofrecida por los paneles solares. Para establecer el dimensionado y número de elementos acumuladores a emplear en la instalación se requieren unos datos de partida, que son los siguientes:

- número de días de autonomía de las baterías: 8 días
- necesidad energética diaria: 2930 Wh / día

Según los cálculos que se detallan en la memoria de cálculos, la necesidad energética a proporcionar por las baterías será aproximadamente de 2576 Ah.

Se ha elegido para la instalación baterías de la casa VARTA, modelo Vb 2412, que permite ofrecer una capacidad de descarga de 1738 Amperios hora en un periodo de 72 horas. Se utilizarán 12 baterías dispuestas todas ellas en serie, dado que cada una de ellas ofrece 2 voltios.

Las baterías de aplicaciones fotovoltaicas están preparadas para trabajar en regimenes de trabajo donde se realizan numerosos ciclos de carga y descarga, admitiendo descargas moderadamente altas. La vida de las baterías será mayor si se realizan el menor número de descargas excesivas. La profundidad de descarga máxima a la que se someterá a la instalación será del 70%.

Estas baterías requieren un mantenimiento mínimo, ya que el nivel de reserva del electrolito le permite reducir la frecuencia del mantenimiento. La reposición de agua

destilada hasta llegar a la marca de máximo nivel de electrolito se realizara cada 2 ó 3 años. La esperanza de duración de las baterías es de más de 10 años.

El conjunto de las baterías se instalara en la caseta fotovoltaica, destinada a albergar el sistema de almacenaje y transformación de los 24 voltios provenientes del conjunto de placas hasta los 220 de voltios de tensión alterna ofrecidos por el inversor. Dicho local tendrá una ventilación suficiente y cumplirá con las normativas e indicaciones del Reglamento Electrotécnico para Baja tensión.

Las baterías se colocaran aisladas del suelo por una bancada de madera, que es un elemento aislante eléctricamente y resistente a las fugas de electrolito que pudieran ocasionarse. Con el fin de evitar un posible contacto con los bornes de la batería se colocará un elemento de seguridad pasiva que impida el contacto directo involuntario con los bornes. La conexión entre los elementos se realizará con pletinas de cobre, siendo protegidas por una cubierta de madera, mientras que los bornes de las baterías se aislaran con elementos de plástico destinados a tal efecto.

## 10.8 SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

Debido a que los paneles están suministrando energía eléctrica siempre que exista una incidencia solar mínima, deberá existir un elemento de control que impida el paso de corriente hacia las baterías de acumulación en el caso que estas estén totalmente cargadas, como la corriente sobrante ya no se puede emplear en aumentar la diferencia de potencial, al haber llegado la batería a su limite superior, esta energía se gastara en producir una electrolisis por calentamiento que acortara la vida útil de las baterías.

Este elemento necesario será el regulador de carga, cuya función es la de evitar sobrecargas en las baterías de acumulación cuando estén cargadas, pero permitiendo el aprovechamiento de la energía captada siempre que sea posible, controlando

constantemente la tensión de los acumuladores; y evitando que se descarguen las baterías cuando alcanzan niveles cercanos a los mínimos.

El regulador de carga elegido para la instalación es de la casa ISOFOTÓN, modelo Isolser 30, que proporciona un eficaz régimen de carga para las baterías. La ubicación de los reguladores será junto a las baterías, pero no tan cerca como para que puedan afectarles una emisión de gases. Estará fijado a la pared a una altura de 1,5 metros y con conexiones eléctricas adecuadas que cumplan los requerimientos para instalaciones donde existan baterías de acumulación.

En la línea entre el regulador de carga y las baterías de acumulación se colocará un interruptor magnetotérmico bipolar con el fin de proteger de posibles sobreintensidades a la instalación fotovoltaica.

## 10.9 EL CONVERTIDOR DE ONDA

La función del convertidor de onda es la de adaptar la tensión de la instalación fotovoltaica, que tiene un valor de 24 voltios en continua, a la que se posteriormente se utilizará en la instalación informática a 230 voltios en alterna con una frecuencia de 50 Hz.

El convertidor de onda elegido para la instalación será de la casa ISOFOTÓN, modelo *Isoverter 3000 / 24* que presenta las siguientes características técnicas:

- TENSION NOMINAL DE ENTRADA:	24 V
- RANGO DE TENSION DE ENTRADA:	21-32 V
- POTENCIA NOMINAL DE SALIDA:	3000 W
- TENSIÓN NOMINAL DE SALIDA:	230 ó 120 V AC
- VARIACIÓN DE LA TENSIÓN DE SALIDA:	= 5 %
- FRECUENCIA NOMINAL:	50 / 60 Hz seleccionable por menú
- VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA:	<1 %
- RENDIMIENTO CON CARGA:	Aproximadamente 92 %
- DISTORSIÓN ARMÓNICA CON CARGA	
RESISTIVA:	< 2 %

- FUNCIONAMIENTO EN STAND-BY: Detección ajustable (cargas = 11 W)
- POTENCIA PICO  
ADMISIBLE : 3600 W (10 min.); 4000 W (60 seg.); 6000 W (3 seg.)
- AUTOCONSUMO: <4 W

## 10.10 CONDUCTORES

Los conductores que unen los distintos elementos de la instalación fotovoltaica hasta la caja privada de protección, deben de cumplir con las exigencias establecidas en el Reglamento para Baja Tensión, y serán calculados con las secciones correspondientes para los valores de intensidad máxima y caída de tensión de cada conductor, teniendo en cuenta que son instalaciones a la intemperie y requerirá de elementos estancos.

Las secciones y canalizaciones para cada tramo de la instalación serán las siguientes:

» Línea paneles - regulador:

Habrà una longitud de 7 metros y se empleará un conductor de 16 mm<sup>2</sup> de sección que irá bajo una cubierta XLPE.

» Línea regulador – baterías:

Habrà una longitud de 3 metros y se empleará un conductor de 16 mm<sup>2</sup> de sección que irá bajo una cubierta XLPE.

» Línea acumulador – convertidor

Habrà una longitud de 2 metros y se empleará un conductor de 4 mm<sup>2</sup> de sección que irá bajo una cubierta XLPE

» Línea inversor – cuadro de protección:

Habrà una longitud de 6 metros y un conductor de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección que irá bajo una cubierta XLPE

» Circuito Interior:

Habrá una longitud de 10 metros y se utilizará para ello un conductor de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección que irán bajo una cubierta XLPE

## 11. INCIDENCIA AMBIENTAL

La incidencia ambiental se puede dividir en dos puntos fundamentales:

- Ventajas en la utilización de energía solar fotovoltaica.
- Incidencia ambiental de la planta sobre el medio.

### Ventajas en la utilización de la energía solar fotovoltaica.

Las principales ventajas de este tipo de instalaciones ya han sido ampliamente comentadas en los antecedentes de este proyecto. A modo de resumen cabe destacar que la energía solar fotovoltaica se enmarca dentro de las llamadas fuentes de energía renovables. En contraposición a las fuentes renovables se encuentran las fuentes convencionales. En estas la velocidad de consumo es mucho mayor que la de su regeneración, lo que, consecuentemente puede provocar su agotamiento. Es el caso de los combustibles fósiles (carbón petróleo y gas natural). Al ritmo de crecimiento actual, se estima que las reservas de este tipo de combustibles se agotarán en un plazo de 50 y 100 años. Atendiendo a los coeficientes referidos en el Plan de Fomento de las Energías

Renovables, es posible realizar una comparación entre la generación eléctrica utilizando fuentes de energía primaria convencionales y la generación mediante energía fotovoltaica.

### Incidencia ambiental de la planta sobre el medio.

Según la Ley 7/94, de 18 de Mayo, de Protección Ambiental de Andalucía o Ley

6/2001, de 8 de Mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental, las actuaciones derivadas de la implantación de una planta solar fotovoltaica no están sometidas a ninguna medida de prevención ambiental.

#### 11.2.1 Consideraciones en relación a la Normativa Vigente.

#### 11.2.2 Incidencia ambiental en Fase de Montaje.

##### 11.2.2.1 Ruidos.

Derivadas del montaje de las instalaciones, se producirán emisiones de ruido. Los trabajos a realizar a cielo abierto tendrán en cuenta los niveles acústicos según calificación del terreno, no se alcanzarán niveles superiores a 75 dB durante el día, y durante la noche la actividad cesará.

##### 11.2.2.2 Residuos.

Los residuos generados en fase de construcción serán principalmente sólidos, y constituirán los derivados de los sobrantes de tuberías, sobrantes de acero, chapas de aluminio, escombros, retales de cables de cobre, contenedores de madera de maquinaria transportada hasta la instalación, etc. Todos estos residuos serán evacuados a vertedero de R.S.U. o reciclados para su utilización en otras instalaciones de la empresa constructora.

#### 11.3 Incidencia ambiental en Fase de Operación.

##### 11.3.1 Ruidos.

Los ruidos emitidos por la planta en fase de operación son nulos.



### 11.3.2 Residuos

Los residuos producidos por la planta son:

Dadas las características de la planta, no se prevén la generación de residuos perjudiciales al medio ambiente, en un funcionamiento normal de la planta.

## 12. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

Los documentos que integran el presente proyecto de “INSTALACIÓN DE UNA RED POSIBLE”, son los siguientes:

- DOCUMENTO N° 1: MEMORIA DESCRIPTIVA
- DOCUMENTO N° 2: MEMORIA DE CÁLCULO
- DOCUMENTO N° 3: MEDICIONES Y PRESUPUESTO
- DOCUMENTO N° 4: PLIEGO DE CONDICIONES
- DOCUMENTO N° 5: ANEJOS
- DOCUMENTO N° 6: PLANOS
- Plano n° 1: Localización de Serrezuela, Córdoba.
- Plano n° 2: Ubicación de la instalación.
- Plano n° 3: Distribución de la instalación fotovoltaica.
- Plano n° 4: Esquema unifilar.

## 13. BIBLIOGRAFÍA

- INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN; Narciso Moreno Alfonso, Ramón Cano González.
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN. RD 842/2002.
- GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN DEL REBT, Revisión Octubre 2005.
- INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS. Manual para el uso de instaladores, Fabricantes, Proyectistas, Ingenieros y Arquitectos, Instituciones de Enseñanza y de Investigación. Dirección General de Industria, Energía y Minas; Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico.
- ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. INGENIERÍA DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. Pablo Sanchos Gúrpide.
- TÉCNICAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO. José María Cortés Díaz.
- Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 18, N. 1, 9-16, (Octubre, 2005)
- Situación actual de la Energía Solar en Argentina, Juan Manuel García. Instituto de Investigación en Ciencias Sociales. Universidad del Salvador.
- [www.conergy.es](http://www.conergy.es)
- [www.dsostenible.com.ar](http://www.dsostenible.com.ar)
- [www.enaltasolar.com.ar](http://www.enaltasolar.com.ar)
- [www.voltimum.es](http://www.voltimum.es)

- [www.soloenergia.com.ar](http://www.soloenergia.com.ar)
- [www.eurosolar.org](http://www.eurosolar.org)
- [www.isofoton.es](http://www.isofoton.es)
- [www.todobaterias.com](http://www.todobaterias.com)
- [www.garbitek.com](http://www.garbitek.com)
- [www.es.varta.com](http://www.es.varta.com)
- [www.censolar.es](http://www.censolar.es)