



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ESTUDIO DE ELECTRIFICACIÓN CON ENERGÍA SOLAR PLAZA PÚBLICA DISTRITO DE LLAUTA-LUCANAS- AYACUCHO

Eliseo Sebastián Tames

Piura, 16 de Febrero de 2009

FACULTAD DE INGENIERÍA

Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales

Febrero 2009



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Programa de Maestría en Ingeniería y Auditorías Ambientales



**Estudio de electrificación con energía solar
plaza pública**

Distrito de Llauta – Lucanas - Ayacucho

Tesis para optar el Grado de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales

ELISEO SEBASTIÁN TAMES

Asesora: Ms. IQ. Ann Sibelle Rodríguez Mininni

Piura, febrero 2009

Dedicatoria

**Este trabajo está dedicado a todos
los pobladores de Llauta, quienes con su labor
y amistad me enseñaron lo que
realmente es el Perú profundo.**

Prólogo

La energía eléctrica es uno de los factores vitales para lograr el desarrollo y mejora de la calidad de vida. Sin embargo, según el censo habitacional del año 2007, más de un millón 600 000 viviendas peruanas no cuentan con este servicio. Por otro lado, del total de viviendas particulares con ocupantes presentes, más de 4 millones 700 viviendas sí disponen de alumbrado eléctrico conectado a la red pública.

A nivel departamental, este censo, refleja que más del 50% de las viviendas en Cajamarca, Huánuco y Amazonas no cuentan con alumbrado eléctrico por red pública y en el departamento de Lima el 7,0% de las viviendas carecen de este servicio. Asimismo, se destaca que, mientras en el área urbana 9 de cada 10 viviendas tiene alumbrado eléctrico por red pública, en el área rural son sólo 3 viviendas de cada 10 las que cuentan con energía conectada a la red eléctrica.

Dentro de estos datos se encuentra la región Ayacucho, el 49% de su población carece de suministro eléctrico; por este motivo emplean fuentes energéticas poco eficientes como velas, mecheros a kerosén, baterías para linternas, lámparas a petróleo o gas, lo que representan un porcentaje significativo dentro de sus presupuestos familiares. Su condición de “muy pobres” o al borde de la “extrema pobreza” limita enormemente el acceso a la electrificación mediante redes, por los altos costos de instalación y el posterior costo por consumo de energía, excluyéndolos del derecho, que tiene todo peruano, de gozar de los beneficios de la electricidad para lograr una mejora en sus condiciones de vida. Este hecho se ve agravado debido a que un gran porcentaje de la población es rural, por lo tanto se tiene una dispersión de las viviendas, lo que constituye otra limitación.

En lo referente al distrito de Llauta y sus comunidades, sólo el 27% de la población rural percibe energía eléctrica aún con serios inconvenientes como los permanentes cortes de energía, la baja calidad en los sistemas de iluminación pública y la escasez de personal calificado para realizar ampliaciones, reparaciones y/o mantenimiento de postes de alumbrado público y otros problemas técnicos. En consecuencia, muchas de las calles y especialmente la plaza central están sin iluminación durante períodos prolongados, esperando la presencia de los técnicos de mantenimiento eléctrico que, por la lejanía, sus pobladores tienen que esperar.

Desde el punto de vista socioeconómico, la plaza central de Llauta es un excelente espacio de socialización. En ella, semanalmente, los Llautinos realizan operaciones comerciales y los niños y jóvenes se reúnen cada noche. Aquí se encuentran también las principales instituciones y comercios del pueblo.

En la actualidad, la electrificación rural puede ser un sistema híbrido. Desarrollarse con otras fuentes de energía, competitivas, limpias y renovables (solar, eólica, micro hidráulica, biomasa y otras), concordantes con la conservación del medio ambiente que puedan integrarse al entorno sociocultural de los usuarios.

La energía fotovoltaica es aquella generada por la conversión de la ‘energía solar’ en ‘energía eléctrica’, empleando una célula solar. Esta es una opción tecnológica que contribuye a resolver las necesidades de energía eléctrica en las zonas rurales. Puede utilizarse para iluminar viviendas, plazas, calles, bombear agua, accionar refrigeradores, equipos de cómputo y audiovisuales, entre otros.

Por las ventajas que precisamente la energía solar ofrece, se propone el presente “Estudio de electrificación con energía solar en la plaza pública del distrito de Llauta”. Este estudio plantea el desarrollo de un plan piloto en la zona, a fin de conocer las bondades y limitaciones de la energía fotovoltaica, y poder, posteriormente, impulsar la electrificación rural de las familias que no cuentan con este servicio.

Los organismos de liderazgo técnico y político, por limitaciones presupuestales principalmente, no impulsan como se debe, los programas de desarrollo sostenido orientados a mejorar la calidad de educación, investigación e innovación tecnológica en estos lugares.

Es por demás sabido que la energía eléctrica, es base esencial de la vida y también es clave del desarrollo económico y social de los pueblos. Mejora los sistemas educativos y productivos. Por esta razón fundamental, muchos países, sobre todo los llamados desarrollados, han incrementado sus presupuestos para promover, desarrollar y hacer sustentables la energía alternativa y renovable tal como la energía solar, entre otras.

La propuesta del presente trabajo es un plan piloto que permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores de Llauta. Se instalará por primera vez un sistema de iluminación fotovoltaica (SFV) que permitirá el desarrollo de actividades conexas como: la televisión educativa, internet, telefonía, cocina solar, piscinas, bombeo de agua, servicios de agua caliente, etc. De esta manera se darán los primeros pasos a un proceso de adecuación, educación y socialización de sus pobladores con la tecnología solar fotovoltaica, dándoles a conocer las ventajas, con la perspectiva de que repliquen estas experiencias en cada una de sus viviendas en sus caseríos rurales a más de 3 000 msnm, en las llamadas lomas frías donde pastean sus ganados vacunos y en los mismos pueblos y anexos donde aún la red eléctrica está ausente en pleno siglo actual.

El costo de la electricidad fotovoltaica es, a la larga, menor comparado con el costo convencional resultado del uso de velas, kerosén, petróleo, pilas, leñas y baterías los mismos que se suman al problema del final de los residuos sólidos, residuos líquidos, enfermedades naturales y posible holocausto mundial por decrepitud de la naturaleza.

Se han comprendido estas razones, por la experiencia de convivencia que se ha tenido con los ciudadanos de las llamadas “cabezadas” del distrito de Llauta, ubicado a tan sólo 54 km de la vía panamericana sur de la costa del país. Ellos han enriquecido la idea de este proyecto, con sus sugerencias, con las enseñanzas profesionales básicas adquiridas en la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER), la Universidad de Piura, la Pontificia Universidad Católica del Perú, la Asociación Peruana de Energía Solar y los cursos relacionados a este objetivo en el Colegio de Ingenieros del Perú.

Por estas razones, me permito agradecer infinitamente a mis profesores de los Programas de la Fundación Iberoamericana – FUNIBER y Universidad de Piura quienes me inyectaron la idea global del Medio Ambiente para trabajar en grupos interprofesionales en la elaboración exhaustiva y actual en “Gestión y Auditorías Ambientales”, a mi asesora Ann Sibelle Rodríguez, por su constante motivación sui generis, a mis profesores informantes de la Universidad de Piura; a cada uno de mis amigos, especialmente de la provincia de Lucanas, quienes viven con la esperanza de tener lo que muchos otros pueblos del mundo ya los usan. Finalmente, agradecer a mis amigos y colegas del ‘Centro de Capacitación para el Desarrollo del Cuzco’, en el pueblo de Yaurisque; al ‘Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería’, a la empresa ‘Solartec Energías Renovables’ en la persona del Ing. Pedro Sánchez Cortez y a la “Asociación Peruana de Energía Solar” donde he conocido a profesionales muy importantes del rubro.

Resumen

La energía eléctrica es un factor determinante en el desarrollo de los pueblos, porque mejora los sistemas educativos, promueve el desarrollo de los sistemas productivos e impulsa el intercambio social entre los pobladores.

Este documento es una investigación tecnológica, complementada con un trabajo de análisis socio económico, a fin de conocer el impacto en la economía y calidad de vida de los pobladores de Llauta. Para ello, se recopilaron los aspectos más relevantes de la zona en estudio. También se han considerado los aspectos científicos y tecnológicos necesarios tales como: las características climáticas, el potencial de radiación solar, los fundamentos básicos de la conversión fotovoltaica, entre otros. Con el mismo fin, se han preparado los diseños y planos de ubicación de los postes de iluminación pública, sus características técnicas y detalles.

La propuesta de electrificación, con energía solar, de la plaza pública del distrito de Llauta, en Ayacucho, es viable y sostenible, principalmente más que por el aspecto técnico, por razones socio-económicas de medio ambiente y calidad de vida mejorada. No importa en su mínima expresión actual, pero valdrá una apertura como perspectiva a un gran desarrollo y proyectos masivos de electrificación rural y aprovechamiento de energía de nuestra propia naturaleza. Mejor vida en el campo, en los cerros, en las lomas, en las zonas alto-andinas donde a veces sólo se ven cóndores, águilas, zorros y vicuñas.

La puesta en práctica de este plan piloto connotará en nuestros hijos y nietos una esperanza de hacer más por su tierra sin pensar en salir a lugares desconocidos y alejados de sus entrañas, abandonando nuestra madre tierra que mucho tiene para darnos, no sólo en la agricultura ni ganadería, sino también en la minería y tecnología avanzada. Hacernos fructuosos con lo nuestro sin tener que vender por centavos nuestra tierra ni nuestros sudores de diaria labor.

Como experiencia se iniciaría en la plaza de armas de Llauta, sitio más frecuentado por los pobladores, y se complementaría posteriormente con la implementación de un sistema que genere energía fotovoltaica para otras actividades como: la televisión educativa, internet, comunicación. Asimismo se iniciaría, de manera paralela, un proceso de educación y adecuación de los pobladores con la tecnología solar fotovoltaica, mostrándoles sus ventajas y haciendo de esta manera que se busque y se repita esta experiencia en miles de viviendas y caseríos rurales, donde incluso aún en la actualidad no ha llegado la electricidad convencional.

La sostenibilidad del proyecto se apoya en el desarrollo tecnológico que ha alcanzado la electricidad solar en nuestro país, así como en la existencia de un mercado comercial donde se pueden adquirir componentes de calidad para los sistemas fotovoltaicos.

El trabajo propone también un programa de gestión y organización, para que las autoridades y pobladores del distrito de Llauta participen activamente de las diversas actividades, como serían: la organización del comité local de apoyo, la autogestión de operaciones de mantenimiento y un programa sostenido de capacitación a los diferentes miembros de la comunidad y futuros usuarios de la tecnología solar.

Índice General

	<u>Pág.</u>
Introducción.....	1
 Capítulo I	
1.1 Presentación.....	2
1.2 Situación general de la región Ayacucho	3
1.2.1 Ubicación geográfica.....	3
1.2.2 Límites.....	4
1.2.3 División política	4
1.2.4 Densidad poblacional del país	5
1.2.5 Densidad poblacional por departamento.	6
1.2.6 Otros aspectos naturales Región Ayacucho	9
1.3 Estudio socio-económico del Perú	10
1.3.1 Incidencia de pobreza en las regiones	10
1.3.2 Situación socioeconómica de la provincia de Lucanas	12
1.3.2.1 Distrito de Llauta.....	12
1.4 Electrificación rural.....	13
1.4.1 Electrificación rural en el Perú.....	13
1.4.2 Electrificación en la región Ayacucho.....	20
1.4.3 Electrificación en el distrito de Llauta.....	23
1.5 Electrificación rural con energías renovables	23
1.6 Proyectos de electrificación rural previstos al año 2013	26
1.7 Antecedentes de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos en el Perú	27
1.7.1 Proyecto de la cooperación alemana en Puno	27
1.7.2 Proyecto de los 1 450 SFD del MEM.....	28
1.7.3 781 SFD en diferentes regiones.....	28
1.7.4 Proyecto de Villa Solar de Taquile.....	30
1.7.5 Segunda etapa proyecto de Taquile.....	30
1.7.6 Electrificación fotovoltaica en Chota y Bambarca	32
 Capítulo II	
2. Introducción a los sistemas fotovoltaicos: Aplicaciones rurales	33
2.1 La energía solar	33
2.1.1 El espectro de la radiación solar	34
2.1.2 Interacción con la atmósfera, radiación global, directa	36
2.1.3 Disponibilidad de los datos de radiación.....	37
2.2 La energía fotovoltaica.....	42
2.2.1 La célula solar.....	42
2.2.2 Principio de funcionamiento.....	44
2.2.3 Características eléctricas de una celda fotovoltaica	45
2.3 El sistema fotovoltaico	46
2.3.1 Módulo fotovoltaico	46
2.3.2 Condiciones estándar.....	47
2.3.3 La batería	47
2.3.4 Reguladores de carga.....	48

2.3.5	Inversores	48
2.3.6	Cargas	49
2.4	Aplicaciones de energía solar en áreas rurales	49
2.4.1	Sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD)	49
2.4.2	Sistemas fotovoltaicos uso comunal	49
2.4.3	Sistemas fotovoltaicos bombeo de agua	49
2.4.4	Sistemas fotovoltaicos de apoyo a la educación rural	50
2.4.5	Sistemas fotovoltaicos para postas de salud	50
2.5	Otras aplicaciones productivas en áreas rurales	50
2.6	Iluminación pública	51
2.7	Alumbrado en zonas urbano-rurales y rurales	52
2.8	Alumbrado de zonas especiales	52
2.8.1	Servicio para peatones	52
2.9	Sobre el tiempo de servicio del alumbrado	52
2.10	Lámparas usadas con sistemas fotovoltaicos	53

Capítulo III

3.	Sistema fotovoltaico típico y su aplicación en zonas rural	54
3.1	Información básica para su dimensionamiento	54
3.1.1	Características de los paneles en estudio	55
3.1.2	Controladores de carga	56
3.1.3	Baterías fotovoltaicas	56
3.1.4	Características de las lámparas de iluminación	57
3.2	Cálculo de las cargas de corriente continua	57
3.3	Determinación del tamaño del sistema generador	58
3.4	Determinación de la capacidad de acumulación de batería	58
3.5	Determinación del regulador de carga	59
3.6	Dimensionamiento de los conductores	60
3.7	Componentes adicionales de los postes de iluminación pública	60
3.7.1	Balastos DC	60
3.7.2	Temporizador electrónico e interruptor crepuscular	60
3.7.3	Accesorios	60
3.7.4	Componentes del sistema de iluminación pública para Llauta	61

Capítulo IV

4.	Costos y consideraciones económicas	64
4.1	Costo del proyecto de iluminación con SFV de la plaza pública de Llauta	65
4.1.1	Cantidad de postes solares, distribución y costo	66
4.2	Gestión y administración del proyecto	67
4.2.1	Aspectos financieros	68
4.3	Programas de difusión	68
4.3.1	Actividades	69
4.4	Principales actores	69
4.4.1	Nivel institucional	69
4.4.2	Nivel de coordinación y participación	70
	Conclusiones	71
	Recomendaciones	72

Glosario	73
Bibliografía.....	75
Anexos.....	77
Planos de alumbrado de la plaza pública actual y proyecto	78
Ley General de Electrificación Rural 28749 sistema convencional.....	80

Índice General

	<u>Pág.</u>
Introducción.....	1
 Capítulo I	
1.1 Presentación.....	2
1.2 Situación general de la región Ayacucho	3
1.2.1 Ubicación geográfica.....	3
1.2.2 Límites.....	4
1.2.3 División política	4
1.2.4 Densidad poblacional del país	5
1.2.5 Densidad poblacional por departamento.	6
1.2.6 Otros aspectos naturales Región Ayacucho	9
1.3 Estudio socio-económico del Perú	10
1.3.1 Incidencia de pobreza en las regiones	10
1.3.2 Situación socioeconómica de la provincia de Lucanas	12
1.3.2.1 Distrito de Llauta.....	12
1.4 Electrificación rural.....	13
1.4.1 Electrificación rural en el Perú.....	13
1.4.2 Electrificación en la región Ayacucho.....	20
1.4.3 Electrificación en el distrito de Llauta.....	23
1.5 Electrificación rural con energías renovables	23
1.6 Proyectos de electrificación rural previstos al año 2013	26
1.7 Antecedentes de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos en el Perú	27
1.7.1 Proyecto de la cooperación alemana en Puno	27
1.7.2 Proyecto de los 1 450 SFD del MEM.....	28
1.7.3 781 SFD en diferentes regiones.....	28
1.7.4 Proyecto de Villa Solar de Taquile.....	30
1.7.5 Segunda etapa proyecto de Taquile.....	30
1.7.6 Electrificación fotovoltaica en Chota y Bambarca	32
 Capítulo II	
2. Introducción a los sistemas fotovoltaicos: Aplicaciones rurales	33
2.1 La energía solar	33
2.1.1 El espectro de la radiación solar	34
2.1.2 Interacción con la atmósfera, radiación global, directa	36
2.1.3 Disponibilidad de los datos de radiación.....	37
2.2 La energía fotovoltaica.....	42
2.2.1 La célula solar.....	42
2.2.2 Principio de funcionamiento.....	44
2.2.3 Características eléctricas de una celda fotovoltaica	45
2.3 El sistema fotovoltaico	46
2.3.1 Módulo fotovoltaico	46
2.3.2 Condiciones estándar.....	47
2.3.3 La batería	47
2.3.4 Reguladores de carga.....	48

2.3.5	Inversores	48
2.3.6	Cargas	49
2.4	Aplicaciones de energía solar en áreas rurales	49
2.4.1	Sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD)	49
2.4.2	Sistemas fotovoltaicos uso comunal	49
2.4.3	Sistemas fotovoltaicos bombeo de agua	49
2.4.4	Sistemas fotovoltaicos de apoyo a la educación rural	50
2.4.5	Sistemas fotovoltaicos para postas de salud	50
2.5	Otras aplicaciones productivas en áreas rurales	50
2.6	Iluminación pública	51
2.7	Alumbrado en zonas urbano-rurales y rurales	52
2.8	Alumbrado de zonas especiales	52
2.8.1	Servicio para peatones	52
2.9	Sobre el tiempo de servicio del alumbrado	52
2.10	Lámparas usadas con sistemas fotovoltaicos	53

Capítulo III

3.	Sistema fotovoltaico típico y su aplicación en zonas rural	54
3.1	Información básica para su dimensionamiento	54
3.1.1	Características de los paneles en estudio	55
3.1.2	Controladores de carga	56
3.1.3	Baterías fotovoltaicas	56
3.1.4	Características de las lámparas de iluminación	57
3.2	Cálculo de las cargas de corriente continua	57
3.3	Determinación del tamaño del sistema generador	58
3.4	Determinación de la capacidad de acumulación de batería	58
3.5	Determinación del regulador de carga	59
3.6	Dimensionamiento de los conductores	60
3.7	Componentes adicionales de los postes de iluminación pública	60
3.7.1	Balastos DC	60
3.7.2	Temporizador electrónico e interruptor crepuscular	60
3.7.3	Accesorios	60
3.7.4	Componentes del sistema de iluminación pública para Llauta	61

Capítulo IV

4.	Costos y consideraciones económicas	64
4.1	Costo del proyecto de iluminación con SFV de la plaza pública de Llauta	65
4.1.1	Cantidad de postes solares, distribución y costo	66
4.2	Gestión y administración del proyecto	67
4.2.1	Aspectos financieros	68
4.3	Programas de difusión	68
4.3.1	Actividades	69
4.4	Principales actores	69
4.4.1	Nivel institucional	69
4.4.2	Nivel de coordinación y participación	70
	Conclusiones	71
	Recomendaciones	72

Glosario	73
Bibliografía.....	75
Anexos.....	77
Planos de alumbrado de la plaza pública actual y proyecto	78
Ley General de Electrificación Rural 28749 sistema convencional.....	80

Índice de fotos

Foto 1.1	Hogares con tasas de desnutrición.....	12
Foto 1.2	Único tanque de agua potable para el pueblo.....	12
Foto 1.3	Plaza pública de Llauta.....	23
Foto 1.4	Calle típica con postes de alumbrado en Llaura.....	24
Foto 1.5	Casa con panel fotovoltaico Taquile – Puno.....	30
Foto 1.6	Una de las islas flotantes de los Uros con paneles FV.....	31
Foto 1.7	Unidad de control del SFD con regulador y convertidor.....	32
Foto 2.1	Paneles fotovoltaicos.....	46
Foto 2.2	Batería 12 V _{DC}	47
Foto 2.3	Controlador de carga para 12/24 V a 16A.....	48
Foto 2.4	Inversor.....	48

Índice de mapas

Mapa 1.1	Mapa político de la Región Ayacucho.....	5
Mapa 1.2	Perú: densidad poblacional por Regiones.....	7
Mapa 1.3	Censo poblacional: 1993 vs. 2007.....	8
Mapa 1.4	Provincia de Lucanas.....	9
Mapa 1.5	Regiones: rango de la pobreza.....	11
Mapa 1.6	Potencia y producción de energía eléctrica.....	21
Mapa 1.7	Venta de energía eléctrica y número de clientes.....	22
Mapa 2.1	Energía solar – incidencia solar diaria, Lucanas.....	40
Mapa 2.2	Potenciales de energía solar: País.....	41
Mapa 4.1	Llauta sus anexos y caseríos.....	64
Mapa A1	Plan nacional de electrificación rural 2008-2017.....	114

Índice de gráficos

Gráfico 1.1	Departamentos con mayor y menor población.....	7
Gráfico 2.1	Radiación promedio en Llauta.....	37
Gráfico 3.1	Esquema general del modelo escogido.....	62

Índice de figuras

Figura 1.1	Tendencia de crecimiento poblacional.....	6
Figura 2.1	Longitud de onda y frecuencia.....	35
Figura 2.2	Día solar de 5 horas.....	35
Figura 2.3	Masa de aire.....	35
Figura 2.4	Distribución espectral de la radiación solar.....	36
Figura 2.5	Trayectoria del sol – Cusco.....	43
Figura 2.6	Célula solar conectada a una carga.....	43
Figura 2.7	Curva característica de una celda fotovoltaica.....	45
Figura 2.8	Influencia de la temperatura en los SFV.....	46
Figura 2.9	Esquema de un típico SFV de uso doméstico.....	49
Figura 3.1	Diseño de un poste solar para la plaza principal.....	63

Índice de cuadros

Cuadro 1.1	Tipos de alumbrado en las regiones.....	17
Cuadro 1.2	Disponibilidad de alumbrado urbana y rural.....	19
Cuadro 1.3	Viviendas que no poseen alumbrado eléctrico.....	19
Cuadro 1.4	Metas de electrificación al 2013	26
Cuadro 2.1	Estaciones meteorológicas en Ayacucho	38
Cuadro 2.2	Energía solar diaria en Lucanas	38
Cuadro 2.3	Horario de salida y puesta del sol en Llauta	39
Cuadro 2.4	Horario promedio salidas y puestas del sol en Perú.....	42
Cuadro 2.5	Niveles de iluminación según tipos de alumbrado.....	51
Cuadro 2.6	Principales fuentes luminosas para áreas rurales	53
Cuadro 3.1	Información técnica básica de un SFV.....	55
Cuadro 3.2	Características de los paneles fotovoltaicos seleccionados.....	55
Cuadro 3.3	Características de los reguladores de cargas	56
Cuadro 3.4	Características de las baterías	56
Cuadro 3.5	Características de las lámparas	57
Cuadro 3.6	Carga de las lámparas	57
Cuadro 3.7	Tamaño del sistema generador.....	58
Cuadro 3.8	Capacidad de acumulación de las baterías.....	59
Cuadro 3.9	Número de baterías para el proyecto.....	59
Cuadro 3.10	Determinación del regulador de la carga	59
Cuadro 3.11	Componentes del sistema de iluminación.....	61
Cuadro 4.1	Costos de componentes para un poste solar.....	65
Cuadro 4.2	Costo total del Proyecto	67

Introducción

En Perú el acceso a los servicios básicos es una de las necesidades que aún no ha sido cubierta totalmente en la población urbana, mucho menos en la rural debido a múltiples factores, sobre todo los de índole económico, político y social. El uso de la energía eléctrica es importante porque con ella nos alumbramos por las noches, se puede utilizar en los servicios de comunicación, disponer de aparatos eléctricos y desarrollarnos con la industria y la tecnología. Sin embargo, para la mayoría de poblados rurales, el acceso a este servicio es difícil, por lo accidentado del territorio peruano. Pese a ello, hoy en día una vivienda ubicada en algún distrito o anexo de las zonas alto andinas y punas, distante de las plantas hidroeléctricas, puede ser provista de electricidad gracias al desarrollo de los sistemas que generan electricidad de manera alternativa como son los paneles solares.

Durante este siglo XXI, estamos siendo observadores directos de la espectacular revolución tecnológica que se está dando durante estas últimas décadas, crecimiento que favorece al ser humano permitiendo el aprovechamiento, de manera novedosa, de fuentes de energías naturales y renovables.

En el primer capítulo se analizará la situación energética rural, en la forma en que está implementada la electrificación en Ayacucho. Asimismo, revisaremos los proyectos de electrificación rural planteados y las experiencias exitosas que se han tenido con la electrificación mediante el uso de energías renovables.

El segundo capítulo nos otorga una introducción a la aplicación rural de los sistemas fotovoltaicos. El sol como fuente primordial de energía para el hombre y para las demás especies vivas desde sus orígenes.

Finalmente, en los últimos dos capítulos se muestran la accesibilidad, las condiciones y los costos que puede manejar la población de Llauta para la realización de este proyecto, dado que las características socio-económicas de la población de la Región Ayacucho, en particular del distrito de Llauta, determinan un alto grado de pobreza, con un gran porcentaje de su población rural sin electricidad. Es por ello que la atención de este proyecto debe estar considerada dentro de los programas de mejora de la calidad de vida y lucha contra la pobreza. Su ejecución permitirá a los llautinos integrarse al proceso de educación y conocimiento que implica el acceso a las bondades de la electricidad solar, beneficiándose con las ventajas que aporta este servicio en el desarrollo de estas familias.

El éxito del proyecto de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos del distrito de Llauta y pueblos aledaños dependerá de la gestión decidida de financiamiento, participación y entusiasmo de cada uno de los actores institucionales y de coordinación. Lo más importante, la participación del mismo pueblo e involucrar a un organismo de cooperación internacional si fuera necesario.

CAPÍTULO I

1.1 Presentación

“La electricidad es fundamental para el funcionamiento de muchas máquinas, desde pequeños electrodomésticos hasta sistemas de gran potencia, como los trenes de alta velocidad, y asimismo de todos los dispositivos electrónicos”¹.

Un tercio de la población peruana aún no tiene acceso a la electricidad en sus hogares y eventualmente millones se quedarían sin electricidad en sus casas, dentro de diez o veinte años, debido al alto costo de la electrificación convencional en las áreas rurales y a la eventual escasez de agua para las hidroeléctricas actuales.

En nuestro país, por lo accidentado del suelo, una vivienda ubicada en distritos de los andes peruanos alejados de la Capital de la República, por ende alejadas de las plantas hidroeléctricas, puede ser provista de electricidad con un pequeño panel solar de 50W. Asimismo, puede acceder a energía luminaria por cinco horas diarias, como mínimo, para hacer funcionar un mínimo de tres fluorescentes, un radio receptor y un televisor, incluso en épocas de lluvia y aún cuando el cielo de la sierra se nublara períodos extensos hasta durante 20 años.

Los sistemas de electricidad convencionales dificultan su transporte, mientras que la luz solar, por ser natural, está al alcance de todos. El alza continua de precios de los sistemas

¹ Varios autores (1984), *Enciclopedia de Ciencia y Técnica Tomo 5. Electricidad*, Salvat Editores, S. A

que utilizan combustible no renovable, como el petróleo en los grupos electrógenos portátiles, desfavorece enormemente a un habitante rural.

En la actualidad se cuenta con la tecnología fotovoltaica, conocida también como Sistemas Fotovoltaicos (SFV), el mismo que proponemos mediante el presente trabajo “estudio de electrificación” para que pueda ser instalado posteriormente en el distrito de Llauta en Ayacucho, uno de nuestros tantos pueblos en extrema pobreza.

El presente estudio pretende contribuir con el distrito mencionado, proyectándose luego como un plan piloto que beneficie, no sólo a Llauta, sino a toda la provincia de Lucanas en el departamento de Ayacucho.

El objetivo principal del presente trabajo, finalmente, es la puesta en marcha de un sistema de generación de energía eléctrica alternativa, que llegue a los hogares a través de redes fotovoltaicas (SFV), que a su vez nos permita actuar en gran magnitud sobre las áreas ambientales con cadenas de monitoreo de cuantificación y mejoramiento de la calidad de vida de estos pueblos.

Se busca dar un primer paso mediante el alumbrado a la actual Plaza de Armas de Llauta, la que no cuenta actualmente con alumbrado eficiente durante las noches, peligrando la actividad de los vecinos, especialmente niños, jóvenes y ancianos, quienes acuden noche a noche hasta esta única plaza a relajarse y socializar después de una ardua jornada laboral, pasteando en el campo a sus animales y desarrollando sus actividades agrícolas a fin de sobrevivir.

Actualmente, la tecnología fotovoltaica, que aprovecha una importante energía renovable como los rayos solares, es reconocida y aceptada por la población rural que la considera muy útil. Cada día los costos se elevan para los campesinos que desean contar con su propia iluminación nocturna con redes convencionales; los gastos se elevan con el uso de velas, mecheros a kerosén, lámparas de gas, pilas y/o baterías para radios y televisión.

Salvo casos excepcionales que cuentan con esta tecnología, la mayoría de la población rural del Perú no tiene la capacidad económica suficiente para autoabastecerse de energía eléctrica. Algunos de ellos sólo podrían adquirirlo mediante financiamiento, cuando las cuotas de ingreso económico familiar estén a su alcance. Además, de una manera muy significativa, el uso de tecnología alternativa con la energía solar, disminuiría los riesgos de accidentes en las personas, pues se evitarían los extensos cableados eléctricos a lo largo de escabrosos caminos, lomadas, montañas y cerros en medio de cuadros climáticos difíciles.

1.2 Situación general de la región Ayacucho

1.2.1 Ubicación geográfica

Ayacucho se encuentra en la Región Centro Sur Andina del país, en el área meridional de los Andes a 2 746 msnm, entre los paralelos 12° 07' 30" y 15° 37' 00" latitud sur y los meridianos 72° 50' 19" y 75° 07' 00" longitud oeste. La Región está cruzada por dos cordilleras que la dividen en tres unidades geográficas: Altiplanicies hacia el Sur, de abrupta serranía al Centro y selvático tropical al Noreste.

La Región Ayacucho se extiende por el norte hasta el río Apurímac entre las cuencas del Mantaro y Pampas; por el sur hasta la vertiente meridional del nevado Sara Sara y la meseta de Parinacochas. Entre las regiones naturales identificadas en el departamento de Ayacucho, por su continentalidad se hallan principalmente la región Quechua o Serrana, Rupa Rupa, Suni y Puna o Jalca.

1.2.2 Límites

Norte : Departamento de Junín
Sur : Departamento de Arequipa
Este : Departamentos de Cusco y Apurímac
Oeste : Departamentos de Huancavelica e Ica

1.2.3 División política

El departamento de Ayacucho políticamente, como se puede apreciar en el mapa 1.1, se encuentra dividido en 11 provincias, 111 distritos, 1 375 caseríos, 855 anexos, 454 comunidades campesinas y 87 265 unidades agropecuarias. Tiene una superficie total de 43 814,80 km² (3,5% de la superficie nacional), siendo el octavo departamento en orden de extensión en el país, correspondiendo el 88,7% a la Región Sierra y el 11,3% a la Ceja de Selva. Su capital es la ciudad de Ayacucho (Huamanga), fundada el 21 de Abril de 1825.

La provincia de Lucanas ocupa el 33,08% de la superficie total del departamento, Parinacochas el 13,62%, La Mar el 10,02%, Huanta el 8,85% y Huamanga el 6,81%; mientras que la provincia de Vilcas Huamán es la de menor superficie, pues ocupa sólo el 2,69% de la superficie total del departamento. En lo que se refiere a la altitud, la capital de la provincia de Huancasancos está ubicada a 3 525 msnm y Sucre a 3 502 msnm; mientras que las provincias de Páucar del Sara Sara y Cangallo están ubicadas a 2 524 msnm y 2 556 msnm, respectivamente.

Las provincias que tienen mayor número de distritos son las siguientes: Lucanas: 21 distritos, Huamanga: 15 distritos, Víctor Fajardo: 12 distritos, Sucre: 11 distritos y Páucar del Sara Sara: 10 distritos; entre tanto Huancasancos sólo tiene 4 distritos.



Mapa 1.1 Mapa político de la Región Ayacucho

1.2.4 Densidad poblacional de País

♦ Participación con respecto al total nacional

Los departamentos pueden clasificarse, de acuerdo a su participación de habitantes relativa respecto al total nacional, en tres grupos: de mayor participación (4,5% a más), de participación intermedia (2,0% a 4,4%) y de menor participación (menos de 2,0%). En la figura 1.1 se muestra la tendencia del crecimiento poblacional, es cada vez menor pero de incremento al fin.

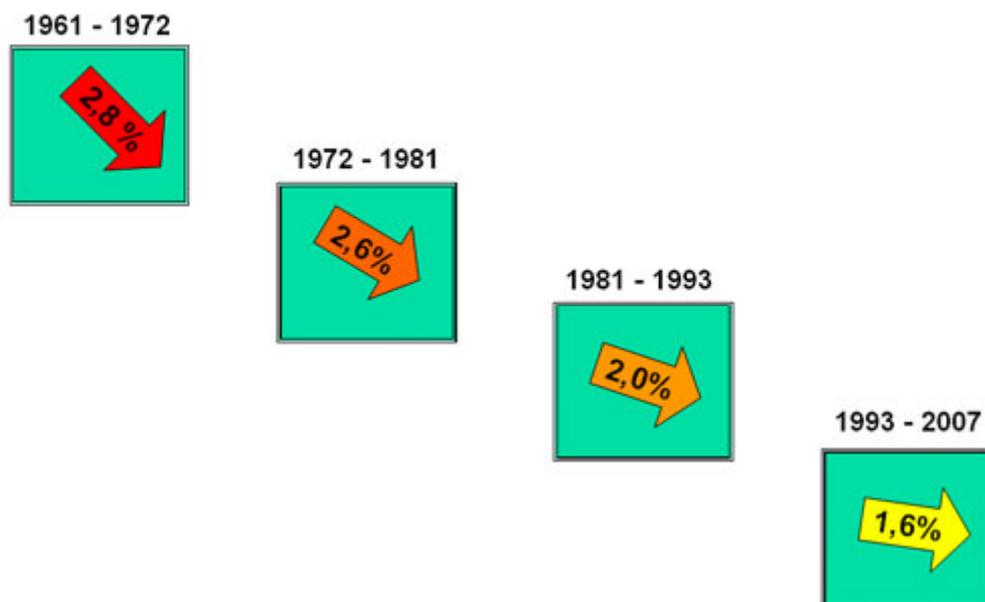
Los departamentos que se ubican en el primer grupo son: Piura (6,1%), La Libertad (5,9%), Cajamarca (5,1%), Puno (4,6%) y Junín (4,5%), estos cinco departamentos representan poco más de la cuarta parte de la población nacional (26,2%).

Los departamentos con una participación intermedia, es decir, los que pertenecen al segundo grupo, son diez: Cusco (4,3%), Arequipa (4,2%), Lambayeque (4,1%),

Ancash (3,9%), Loreto (3,3%), Provincia Constitucional del Callao (3,2%), Huánuco (2,8%), San Martín (2,7%), Ica (2,6%) y Ayacucho (2,2%).

El tercer grupo lo conforman los nueve departamentos restantes: Huancavelica (1,7%), Ucayali (1,6%), Apurímac (1,5%), Amazonas (1,4%), Tacna (1,1%), Pasco (1,0%), Tumbes (0,7%), Moquegua (0,6%) y Madre de Dios(0,4%)².

PERÚ: TENDENCIA DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL, 1961-2007 (Por cada 100 habitantes)



FUENTE: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1961, 1972, 1981, 1993 y 2007.

Figura 1.1 Tendencia del crecimiento poblacional

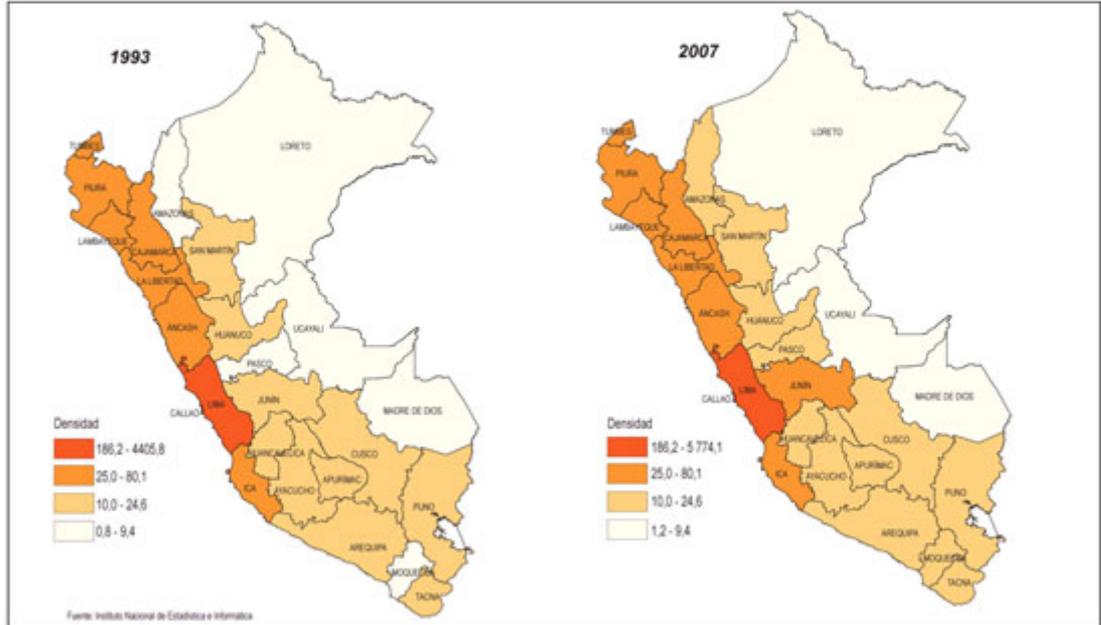
1.2.5 Densidad poblacional por departamento

De acuerdo a los resultados del último censo del 2007, se observa que la Provincia Constitucional del Callao (5 774,1 Hab./km²) y el departamento de Lima (236,6 Hab./km²), destacaron por presentar la mayor cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado, mientras que los departamentos de Ucayali (4,2 Hab./km²), Loreto (2,6 Hab./km²) y Madre de Dios (1,2 Hab./km²) presentaron la menor densidad poblacional³. En el mapa 1.2 se ilustra la densidad poblacional por departamento y en el gráfico 1.1 se muestran los departamentos con mayor y menor población, respectivamente.

² Censos Nacionales 2007 INEI XI de Población y VI de Vivienda.

³ Idem.

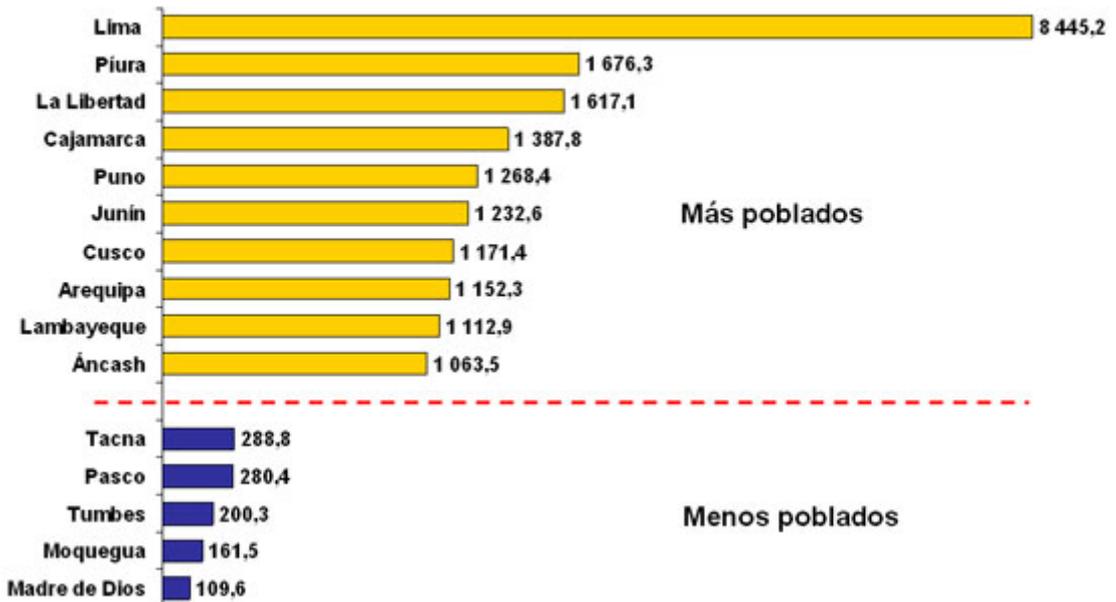
PERÚ: DENSIDAD POBLACIONAL POR DEPARTAMENTO, 1993 Y 2007 (Hab./Km²)



FUENTE: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1993 y 2007.

Mapa 1.2 Perú: Densidad poblacional por departamento

PERÚ: DEPARTAMENTOS CON MAYOR Y MENOR POBLACIÓN, 2007 (Miles de habitantes)



FUENTE: INEI – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Ayacucho: 612 485 habitantes

Gráfico 1.1 Departamentos con mayor población y menor población.

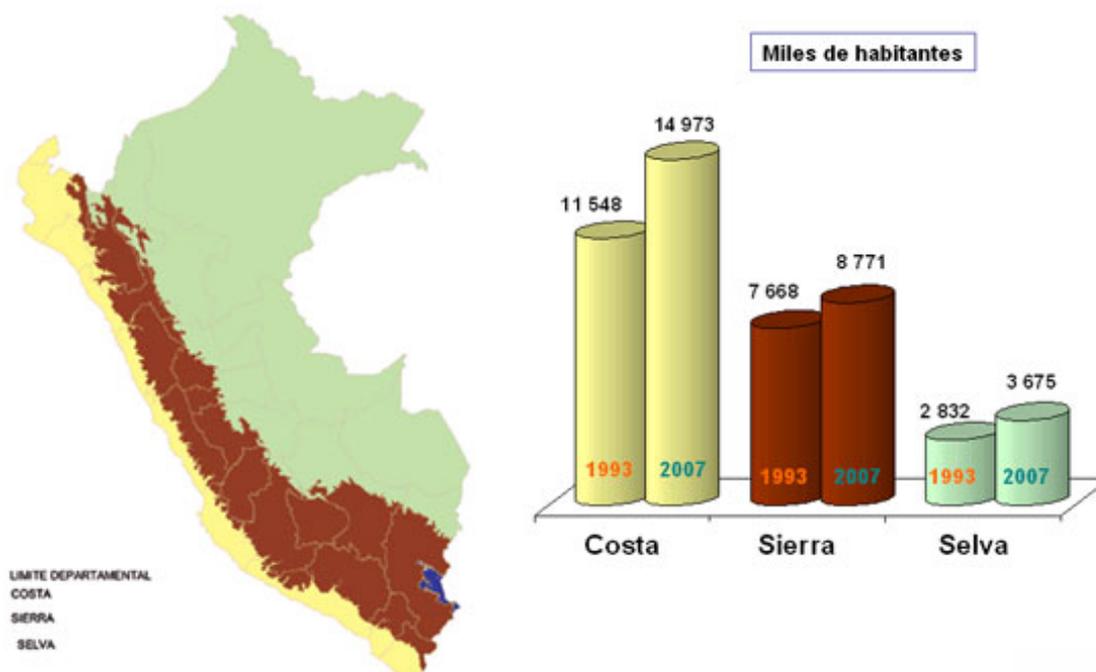
La densidad poblacional a nivel de departamentos, agrupados por **región natural** (Costa, Sierra y Selva), muestra que, de los nueve departamentos de la **Costa**, la Provincia Constitucional del Callao y el departamento de Lima, ocupan los lugares de mayor densidad poblacional, mientras que Tacna (18,4 Hab./km²) y Moquegua (10,7 Hab./km²) son los departamentos de menor densidad.

En cuanto a los once departamentos de la **Sierra**, Cajamarca (42,6 Hab./km²) es el de mayor densidad poblacional, lleva una ventaja de 12 Hab./km² a Ancash (30,3 Hab./km²), mientras que Ayacucho (15,3 Hab./km²) y Pasco (11,1 Hab./km²) presentan los menores indicadores de densidad poblacional.

Por su parte, en los departamentos de la **Selva**, San Martín (13,9 Hab./km²) presenta el mayor nivel de densidad poblacional, en tanto que Madre de Dios (1,2 Hab./km²) presenta el menor nivel. En el mapa 1.3 se muestra el censo poblacional 1993 y 2007 por regiones naturales.

En lo referente al crecimiento de la densidad poblacional entre los Censos de 1993 y 2007 expresado en número de veces, se informa que, dos departamentos de la Selva: Ucayali y Madre de Dios, son los de mayor velocidad de incremento de densidad poblacional, con 21,2 y 12,4 veces, respectivamente. Le siguen en orden de importancia la Provincia Constitucional del Callao (10,3 veces), Lima (9,9 veces) y Tumbes (8,1 veces); mientras que los departamentos con menor velocidad de incremento de densidad se encuentran en la Sierra, estos son: Huancavelica y Ayacucho ambos con 1,9 veces y Apurímac con 1,7 veces.

PERÚ: POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN REGIÓN NATURAL, 1993 Y 2007



Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1993 y 2007.

Mapa 1.3 Censo Poblacional 1993 vs 2007

1.2.6 Otros aspectos naturales de la Región Ayacucho

El **clima** varía de acuerdo con la altitud. En los valles interandinos es frío boreal (seco en invierno, con temperatura media superior a 10°C por lo menos durante 4 meses), en la zona selvática el clima es tropical.

El sistema **hidrográfico** de Ayacucho está constituido básicamente por la laguna de Parinacochas, que está ubicada en el distrito de Puyusca a una altitud de 3 272 msnm, la cual confluye en la vertiente del Pacífico y en la cuenca del río Ocoma, tiene una superficie de 606,5 km². La tierra Ayacuchana está cubierta de cumbres, Cordillera Occidental y Oriental de Los Andes, para luego descender hacia el Noreste a las tierras cálidas de la margen derecha del río Apurímac, sirviendo de límite a las Regiones de Ayacucho y Cuzco.



Mapa 1.4 Provincia de Lucanas

En medio de esta naturaleza andina, en gran parte casi desértica, crecen millares de cactus. De cuando en cuando se abren pintorescos valles o se extienden desoladas pampas, como las de Cangallo, Quinua y Chupas. Al Sur, se encuentra la Laguna de Parinacochas, que en quechua significa "Laguna de las pariguanas", en referencia a los flamencos de plumaje blanco y rojo que viven en sus orillas, y que remontan luego el vuelo hacia la Costa.

La provincia de Lucanas, cuya capital es Puquio, está ubicada al Sur Este de la capital Ayacucho y se encuentra enclavado en el corazón mismo de Indoamérica con 21 distritos, diseminados, reptando en la Cordillera de los Andes entre cumbres y valles. Dentro de ellos el distrito de Llauta. El mapa 1.4 ilustra la provincia de Lucanas.

El distrito de Llauta se encuentra ubicado al noroeste de la provincia de Lucanas, del departamento de Ayacucho, zona llamada también "Las cabezadas", en la cuenca alta del gran Río Grande, vertiente occidental de los Andes. Sus coordenadas geográficas son⁴ :

Latitud Sur : 14° 16' 0"
 Longitud Oeste : 74° 55' 0"
 Altitud : 2 667 msnm.

⁴ <http://www.maplandia.com/peru/ayacucho/lucanas/llauta/>

Según los historiadores Julio C. Tello, Pablo Macera, Ponz Musso entre otros, Llauta formó parte de la cultura Nazca, posteriormente de la Cultura Warpa, Wari y finalmente Inca. Cuando llegaron los españoles, se asentaron en la zona por su condición climática, su valle profundo y sus terrenos fértiles. Esta situación duró toda la etapa de la conquista hasta la república, época en la cual llegaron grandes inversionistas y se adueñaron de los mejores terrenos, formando haciendas que hasta hace poco subsistieron. Su desarrollo fue muy lento durante estos últimos 60 años. Ante el auge de la modernidad, la tecnología y la globalización, durante los últimos 15 años, mejoró su desarrollo pero no ha resuelto aún sus principales problemas.

Llauta se crea como distrito el 08 de Abril de 1929 durante el gobierno del Presidente Augusto B. Leguía y cuando Celestino Manchego Muñoz presidía el Congreso de la República Peruana, mediante Ley N° 6612.

Llauta tiene un ámbito geográfico de 482 km², limita como sigue:

Por el Norte	:	Con el Distrito de Huac-Huas.
Por el Este	:	Provincia de Huancasancos.
Por el Sur	:	Distritos de Laramate y Ocaña.
Por el Oeste	:	Provincia de Palpa.

Tiene varios caseríos, entre los que destacan los de Pampacocha, Cosuro, Armaycancha, Aco, Panchalla, Camala, Pucurí, ubicados en la parte baja del pueblo de Llauta.

Con relación al transportes y comunicación, Llauta cuenta con una red vial de carreteras afirmadas, que se conectan con las provincias de Palpa (Ica), y la provincia de Huancasancos (Ayacucho), además se conecta al sur con los distritos de Laramate, Ocaña y Palco y al norte con los anexos de Carhuacucho, Sayhua y el distrito de Huac-Huas.

1.3 Estudios socio-económico del Perú

1.3.1 Incidencia de pobreza en las Regiones

Los resultados del estudio a nivel departamental, han permitido distinguirlos en cinco grupos por su relativa similitud en sus niveles de pobreza.

En el **primer grupo** se encontraría Huancavelica con una incidencia de 85,7%.

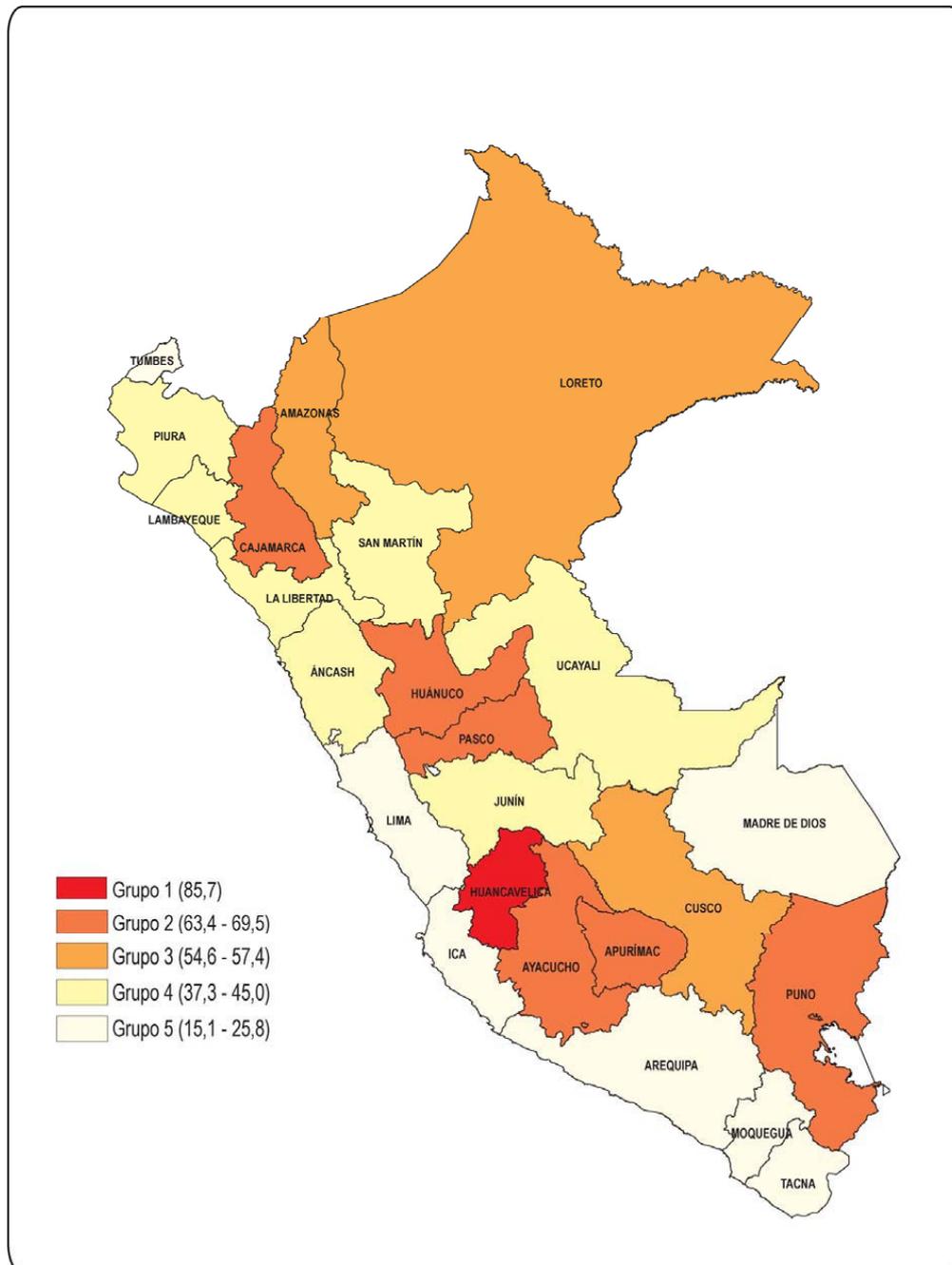
En el **segundo grupo**, cuyas tasas de pobreza se ubican entre 63,4% y 69,5%, estarían conformados por Apurímac (69,5%), **Ayacucho (68,3%)**, Puno (67,2%), Huánuco (64,9%), Cajamarca (64,5%) y Pasco (63,4%).

Un **tercer grupo**, cuyo rango de pobreza varía entre 54,6% y 57,4%, en el que se ubican Cusco (57,4%), Amazonas (55,0%) y Loreto (54,6%).

El **cuarto grupo** está conformado por los departamentos de: Piura (45,0%), Ucayali (45,0%), San Martín (44,5%), Junín (43,0%), Ancash (42,6%), Lambayeque (40,6%) y La Libertad con (37,3%). Finalmente, el **quinto grupo** comprende los departamentos de: Moquegua (25,8%), Arequipa (23,8%), Tacna (20,4%), Lima

(19,4%), Tumbes (18,1%), Madre de Dios (15,6%) e Ica (15,1%)⁵. En el mapa 1.5 se ilustra estos rangos de pobreza por departamentos.

Departamentos por similar rango de pobreza total 2007



Mapa 1.5 Regiones: Rangos de pobreza

FUENTE: Censos Nacionales 2007 INEI, XI de Población y VI de Vivienda.

⁵ Censos Nacionales 2007 INEI XI de Población y VI de Vivienda.

1.3.2 Situación socioeconómica de la provincia de Lucanas

Lucanas tiene una población de 62 297 habitantes, con un índice de carencias de 0,63. De este grupo el 29% no cuenta con agua potable, el 67% no accede al servicio de desagüe, el 50% carece de electricidad y el 28% de mujeres son analfabetas. Asimismo, su tasa de desnutrición infantil es del 41%, con un índice de desarrollo humano de 0,54.

1.3.2.1 Distrito de Llauta

Cuenta con una población de 1 573 habitantes (75% rural) aproximadamente, con un índice de carencias de 0,3544. En este distrito el 27% carece de agua potable (en la foto 1.2 se muestra el tanque de agua potable para todo el pueblo de Llauta), el 62% de desagüe, 51% de electricidad. Además, la tasa de analfabetismo de las mujeres es del 17% con una tasa de desnutrición infantil del 27%. En 1999 la población era de 2 031, de este grupo el 44% carecía de agua potable, el 99% no tenía desagüe y el 63% no tenía acceso a la electricidad. Se observa también una disminución de la población, sobre todo rural, debido a la migración de los jóvenes a las grandes ciudades por las condiciones de pobreza de la zona. Véase las casas abandonadas en la foto 1.1



Foto 1.1 Hogares con tasas de desnutrición

La provincia de Lucanas, en particular el distrito de Llauta, desarrolla una economía de subsistencia, teniendo en la actividad agropecuaria una de sus principales fuentes de generación de trabajo e ingresos. Entre los alimentos que producen, destacan el maíz, la papa, el trigo, la cebada, el haba, los paltos, la quinua, la oca, la mashua, el yacón, los frijoles y los frutales de diferentes especies. La crianza de animales menores: cuyes, conejos, y la ganadería: vacunos, ovinos, llamas y caprinos, son actividades fundamentales por la presencia de grandes extensiones de pastos naturales y cultivo

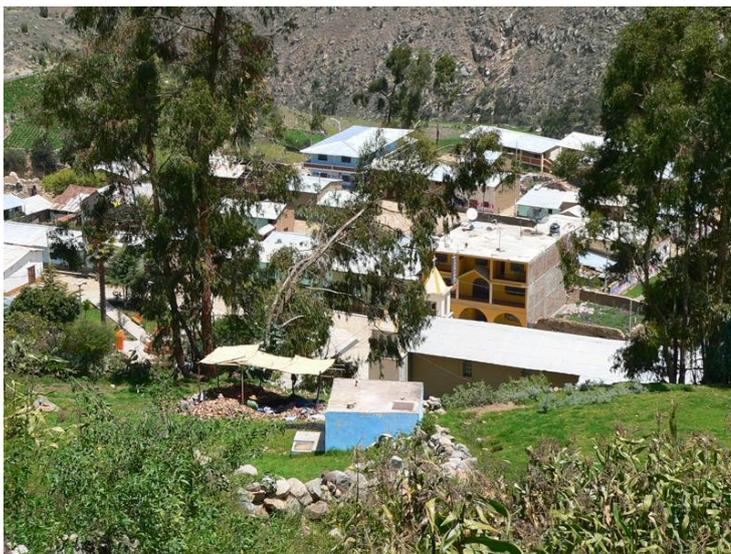


Foto 1.2 Único tanque de agua potable para el pueblo

de la alfalfa. Una actividad complementaria es la artesanía, usando la técnica del tejido plano tradicional. También confeccionan prendas de vestir, frazadas y mantas en los que emplean tintes y productos naturales de la zona.

En la foto 1.2 se puede apreciar parte de su riqueza agrícola como las habas y el maíz, también se aprecia el único tanque de agua potable para el pueblo.

El grado de deserción escolar es de 30%, principalmente entre los meses de mayo y agosto, este hecho se debe a que la mayoría de los escolares suelen trabajar en el campo ayudando en las cosechas, subestimando la importancia de la educación escolar.

Por sus características socio-económicas el distrito de Llauta está considerado como un distrito muy pobre.

1.4 Electrificación rural

1.4.1 Electrificación rural en el Perú

Visión general de tipos y cantidad de alumbrado actualmente (%)

Regiones	Tipo de alumbrado	Sólo viviendas particulares
Amazonas	Electricidad	46
Amazonas	Generador	0
Amazonas	Kerosén (mechero, lamparín)	35
Amazonas	Otro	3
Amazonas	Petróleo, gas (lámpara)	0
Amazonas	Vela	13
Ancash	Electricidad	73
Ancash	Generador	0
Ancash	Kerosén (mechero, lamparín)	9
Ancash	Otro	2
Ancash	Petróleo, gas (lámpara)	0
Ancash	Vela	14
Apurímac	Electricidad	58
Apurímac	Generador	0
Apurímac	Kerosén (mechero, lamparín)	33
Apurímac	Otro	1
Apurímac	Petróleo, gas (lámpara)	0
Apurímac	Vela	6
Arequipa	Electricidad	87

Regiones	Tipo de alumbrado	Sólo viviendas particulares
Arequipa	Generador	0
Arequipa	Kerosén (mechero, lamparín)	1
Arequipa	Otro	1
Arequipa	Petróleo, gas (lámpara)	0
Arequipa	Vela	8
Ayacucho	Electricidad	53
Ayacucho	Generador	0
Ayacucho	Kerosén (mechero, lamparín)	11
Ayacucho	Otro	2
Ayacucho	Petróleo, gas (lámpara)	0
Ayacucho	Vela	31
Cajamarca	Electricidad	36
Cajamarca	Generador	0
Cajamarca	Kerosén (mechero, lamparín)	45
Cajamarca	Otro	1
Cajamarca	Petróleo, gas (lámpara)	0
Cajamarca	Vela	15
Cusco	Electricidad	67
Cusco	Generador	0
Cusco	Kerosén (mechero, lamparín)	22
Cusco	Otro	1
Cusco	Petróleo, gas (lámpara)	0
Cusco	Vela	8
Huancavelica	Electricidad	56
Huancavelica	Generador	0
Huancavelica	Kerosén (mechero, lamparín)	18
Huancavelica	Otro	2
Huancavelica	Petróleo, gas (lámpara)	0
Huancavelica	Vela	22
Huánuco	Electricidad	41
Huánuco	Generador	0
Huánuco	Kerosén (mechero, lamparín)	36
Huánuco	Otro	2
Huánuco	Petróleo, gas (lámpara)	1

Regiones	Tipo de alumbrado	Sólo viviendas particulares
Huánuco	Vela	17
Ica	Electricidad	81
Ica	Generador	0
Ica	Kerosén (mechero, lamparín)	4
Ica	Otro	4
Ica	Petróleo, gas (lámpara)	0
Ica	Vela	8
Junín	Electricidad	76
Junín	Generador	0
Junín	Kerosén (mechero, lamparín)	10
Junín	Otro	2
Junín	Petróleo, gas (lámpara)	0
Junín	Vela	9
La Libertad	Electricidad	71
La Libertad	Generador	0
La Libertad	Kerosén (mechero, lamparín)	15
La Libertad	Otro	3
La Libertad	Petróleo, gas (lámpara)	0
La Libertad	Vela	9
Lambayeque	Electricidad	77
Lambayeque	Generador	0
Lambayeque	Kerosén (mechero, lamparín)	14
Lambayeque	Otro	2
Lambayeque	Petróleo, gas (lámpara)	0
Lambayeque	Vela	5
Lima (Metropolitana)	Electricidad	92
Lima (Metropolitana)	Generador	0
Lima (Incluye Lima)	Kerosén (mechero, lamparín)	0
Lima (Metropolitana)	Otro	4
Lima (Metropolitana)	Petróleo, gas (lámpara)	0
Lima (Metropolitana)	Vela	2
Loreto	Electricidad	56
Loreto	Generador	0
Loreto	Kerosén (mechero, lamparín)	39

Regiones	Tipo de alumbrado	Sólo viviendas particulares
Loreto	Otro	0
Loreto	Petróleo, gas (lámpara)	1
Loreto	Vela	0
Madre de Dios	Electricidad	65
Madre de Dios	Generador	5
Madre de Dios	Kerosén (mechero, lamparín)	10
Madre de Dios	Otro	3
Madre de Dios	Petróleo, gas (lámpara)	1
Madre de Dios	Vela	13
Moquegua	Electricidad	80
Moquegua	Generador	0
Moquegua	Kerosén (mechero, lamparín)	9
Moquegua	Otro	1
Moquegua	Petróleo, gas (lámpara)	0
Moquegua	Vela	7
Pasco	Electricidad	76
Pasco	Generador	1
Pasco	Kerosén (mechero, lamparín)	11
Pasco	Otro	1
Pasco	Petróleo, gas (lámpara)	0
Pasco	Vela	8
Piura	Electricidad	64
Piura	Generador	0
Piura	Kerosén (mechero, lamparín)	28
Piura	Otro	3
Piura	Petróleo, gas (lámpara)	0
Piura	Vela	2
Puno	Electricidad	60
Puno	Generador	0
Puno	Kerosén (mechero, lamparín)	15
Puno	Otro	2
Puno	Petróleo, gas (lámpara)	0
Puno	Vela	22
San Martín	Electricidad	59

Regiones	Tipo de alumbrado	Sólo viviendas particulares
San Martín	Generador	0
San Martín	Kerosén (mechero, lamparín)	32
San Martín	Otro	1
San Martín	Petróleo, gas (lámpara)	0
San Martín	Vela	5
Tacna	Electricidad	91
Tacna	Generador	0
Tacna	Kerosén (mechero, lamparín)	2
Tacna	Otro	0
Tacna	Petróleo, gas (lámpara)	0
Tacna	Vela	5
Tumbes	Electricidad	78
Tumbes	Generador	0
Tumbes	Kerosén (mechero, lamparín)	5
Tumbes	Otro	12
Tumbes	Petróleo, gas (lámpara)	0
Tumbes	Vela	3
Ucayali	Electricidad	65
Ucayali	Generador	0
Ucayali	Kerosén (mechero, lamparín)	24
Ucayali	Otro	2
Ucayali	Petróleo, gas (lámpara)	3
Ucayali	Vela	2

FUENTE: Ministerio de Energía y Minas, 2005

Cuadro 1.1 Tipos de alumbrado en las regiones del Perú

La electrificación rural en el Perú presenta características especiales como la lejanía y poca accesibilidad de sus localidades, el consumo unitario reducido, poblaciones y viviendas dispersas, bajo poder adquisitivo de los habitantes. Asimismo, no existe infraestructura vial suficiente. Cuentan con infraestructura social básica en salud, educación, saneamiento, vivienda y obras agrícolas.

Esta situación determina una baja rentabilidad financiera para los proyectos de electrificación rural, lo que motiva que no sean atractivos a la inversión privada y requieran de la participación activa del Estado. Recién en los últimos años (2007-2008) el Gobierno Central está otorgando mayor importancia al asunto.

Está demostrado que los sistemas fotovoltaicos, tienen una alta rentabilidad social, ya que integran a los pueblos a la modernidad, educación, comunicación, mejoras en salud con la refrigeración de medicinas, amplía el horizonte de vida, facilita las labores domésticas a las amas de casa. Además, sirve para promocionar proyectos de uso productivo, como bombeo de agua potable y riego, panaderías, pequeñas soldadoras, aserraderos, entre otras pequeñas industrias.

El MEM a través de la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP), tiene la competencia en materia de electrificación rural de acuerdo a la Ley N° 28749, “Ley General de Electrificación Rural⁶”. La ampliación de la frontera eléctrica en el ámbito nacional, en coordinación con los Gobiernos Regionales y Locales, y entidades públicas y privadas dedicadas a estos fines, permite el acceso del suministro de electricidad a los pueblos del interior del país, como un modo de contribuir a su desarrollo económico-social, mejorar su calidad de vida y desincentivar la migración del campo a la ciudad. Todo esto en el marco de una acción conjunta del Estado para el desarrollo rural integral, mediante la implementación de proyectos de electrificación rural con tecnologías y programas de acción que permitan incrementar el poder adquisitivo de la población rural, promoviendo la electricidad en actividades productivas. Asimismo, deberán identificar, evitar, prevenir, mitigar o compensar los impactos culturales, sociales y ambientales que éstos pudieran ocasionar.

Según el Censo del 2007, del total de viviendas particulares con ocupantes presentes, más de 4 millones 700 mil disponen de alumbrado eléctrico conectado a la red pública, mientras que un millón 659 mil 302 viviendas aún no disponen de este servicio. En cifras relativas, el 74,1% de las viviendas dispone de este servicio, lo que significa un importante crecimiento en relación a 1993, que fue de 54,9%. Es decir, hay más viviendas con instalación de red eléctrica actualmente que hace 15 años.

Por lo tanto, las viviendas que no disponen del servicio de alumbrado eléctrico han disminuido de 45,1% en 1993 a 25,9% en el 2007, lo que significa en cifras absolutas que más de 2 millones 300 mil viviendas han sido beneficiadas con este servicio. (*Instituto Nacional de Estadística e Informática*⁷).

Durante el período intercensal se observa que se ha incrementado en 95,1% el número de viviendas que disponen de alumbrado eléctrico por red pública, a razón de 4,8% como tasa promedio de crecimiento anual. Es decir, en el año 1993 habían 2 430 666 viviendas con este servicio eléctrico, en cambio, en el 2007 hubieron 4 742 077, es decir, 95.1% más con servicio eléctrico. El resultado es favorable ya que la variación de viviendas sin este servicio había disminuido de 45.1% a 25,9% a razón de 1,3% menos por año, como se aprecia en cuadro 1.2.

Pero el problema sigue siendo grande en el ámbito rural. Más de un millón de viviendas aún no disponen de alumbrado eléctrico por red pública. Apréciense en el cuadro 1.2 la cantidad de viviendas sin alumbrado eléctrico al igual se puede ilustrar en el cuadro 1.3 por departamentos. Obsérvese en el caso de Ayacucho, casi el 50 % de viviendas no poseen alumbrado eléctrico.

⁶ Reglamento de la Ley 28749, se encuentra en el Anexo B del presente documento.

⁷ INEI, Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda; pág. 186

Perú: viviendas particulares con ocupantes presentes, según área y disponibilidad de alumbrado eléctrico por red pública, 1993 y 2007

Área de Disponibilidad	1993		2007		Intercensal		Increm. Anual	Prom. Anual
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%		
Perú	4 427 517	100.0	6 401 379	100.0	1 973 862	44.6	140 990	2.6
Dispone	2 430 666	54.9	4 742 077	74.1	2 311 411	95.1	165 101	4.8
No dispone	1 996 851	45.1	1 659 302	25.9	- 337 549	-16.9	- 24 111	-1.3
Urbana	3 017 681	100.0	4 789 641	100.0	1 771 960	58.7	126 569	3.3
Dispone	2 322 258	77.0	4 266 555	89.1	1 944 297	83.7	138 878	4.4
No dispone	695 423	23.0	523 086	10.9	- 172 337	-24.8	- 12 310	-2.0
Rural	1 409 836	100.0	1 611 738	100.0	201 902	14.3	14 422	0.9
Dispone	108 408	7.7	475 522	29.5	367 114	338.6	26 222	10.9
No dispone	1 301 428	92.3	1 136 216	70.5	- 165 212	-12.7	- 11 801	-0.9

FUENTE: Censo Nacional de Población y Vivienda 1993 y 2007

Cuadro 1.2 Disponibilidad de alumbrado urbana y rural.

Perú: viviendas con ocupantes presentes que no tienen alumbrado eléctrico conectado a red pública, 2 007 (%)

Prov. Const. del Callao	6,9
Lima	7,0
Arequipa	15,8
Tacna	18,5
Tumbes	18,9
Moquegua	19,7
Ica	23,8
Lambayeque	23,9
Ancash	26,8
Junín	26,8
La Libertad	28,1
Pasco	31,0
Madre de Dios	31,6
Piura	33,7
Ucayali	35,4
Cusco	35,6
Loreto	38,7
San Martín	41,0
Puno	42,5
Apurímac	43,4
Huancavelica	44,2
Ayacucho	48,8
Amazonas	51,5
Huánuco	56,9
Cajamarca	59,8

FUENTE: INEI - Censos Nacionales 2007; XI de Población y VI de Vivienda, pág. 189

Cuadro 1.3 Viviendas que no poseen alumbrado eléctrico

1.4.2 Electrificación rural en la Región Ayacucho

Al confrontar los datos de coeficiente de electrificación rural de la provincia de Lucanas del 2005, con los datos obtenidos en el “X Censo Nacional de Población y Mapa de Pobreza de FONCODES 2006”, el porcentaje de la población rural de la provincia de Lucanas sin electricidad sigue en el orden de 50%, lo que muestra que la expansión de este índice refleja sólo la atención de los centros poblados urbanos, mas no en la población rural, que es el caso del distrito de Llauta. Esto significa que los programas de electrificación de las zonas rurales mediante redes difícilmente serán atendidos con facilidad, debido a las razones de gestión u otras a las que no es fácil acceder para mejor explicación.

De financiarse los elevados costos de la conexión a una red eléctrica, que en el Perú sobrepasa los US\$ 1 000 por punto, quedan limitadas posibilidades de conectar a estas familias con los beneficios y la modernidad que la electricidad convencional trae consigo. Una solución plausible es la generación de energía eléctrica mediante paneles solares que se describe en el presente documento.

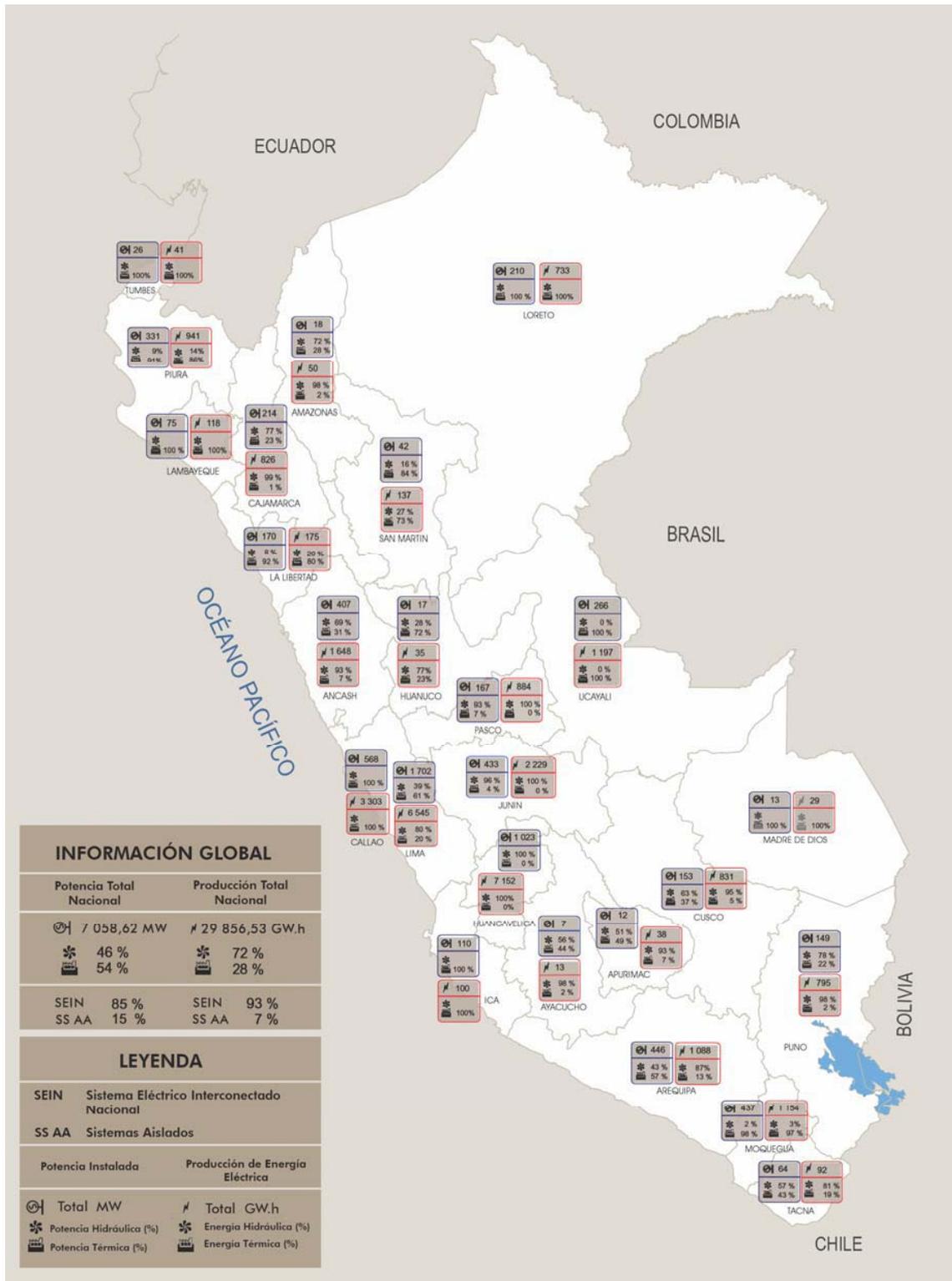
Con la finalidad de revertir esta situación, el Estado a través del Ministerio de Energía y Minas ha venido ejecutando el programa de electrificación, utilizando para ello diversas tecnologías aplicadas a la electrificación rural, sobre la base de una selección de fuentes de energía, las mismas que consideran en primer término la extensión de redes del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y/o la de los Sistemas Aislados (SSAA), a partir de las cuales se desarrollan los sistemas eléctricos rurales (SER's). Ley 28749 anexo al presente trabajo.

La imposibilidad técnica y/o económica de conectarse a los grandes sistemas eléctricos, determina priorizar el uso de fuentes de energía hidráulica a través de la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH's) y sus sistemas eléctricos asociados, principalmente en las zonas ubicadas entre los andes y las vertientes occidentales y orientales donde existen recursos hidráulicos y caídas de agua, y en menor grado a la instalación de pequeños grupos electrógenos (de uso temporal o en casos de emergencia).

La inexistencia de recursos hídricos, aún más en el futuro, determina a la **energía solar** como una alternativa tecnológica para solucionar las necesidades de electrificación rural mediante la implementación de los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) de uso doméstico o comunal. Dicha alternativa se puede aplicar preferentemente en áreas geográficas con potenciales solares, como en la zona de selva y lugares que poseen microclimas como Llauta.

Finalmente, la fuente de energía eólica es otra importante alternativa, debido a que su aplicación es relativamente nueva, se viene estudiando su uso para fines de electrificación rural en zonas ubicadas preferentemente en los valles intermedios y en las cercanías del litoral costero. En el mapa 1.6 se muestra la potencia instalada y producción de energía eléctrica mientras que en el mapa 1.7 se presenta la venta de energía eléctrica y número de clientes por regiones.

Mapa de potencia instalada y producción de energía eléctrica 2007



FUENTE: Informe Técnico: La pobreza en el Perú, año 2007; INEI

Mapa 1.6 Potencia instalada y producción de energía eléctrica

Venta de Energía Eléctrica y Número de Clientes por Regiones 2007



FUENTE: Informe Técnico: La pobreza en el Perú, año 2007; INEI

Mapa 1.7 Venta de energía eléctrica y número de clientes por regiones

1.4.3 Electrificación en el distrito de Llauta

El distrito de Llauta (zona urbana) tiene un servicio de 220V_{AC}, alimentada por una línea de alta tensión de 35 kV, proveniente de las subestación de Palpa - Marcona -

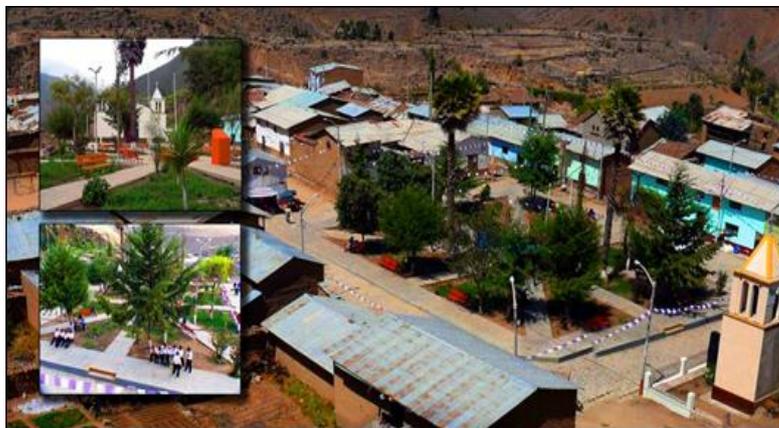


Foto 1.3 Plaza pública de Llauta

Independencia - Ica (220 kV). Esta energía es empleada para satisfacer las necesidades básicas de las instituciones públicas: posta de salud, colegios de nivel secundario y primario, gobernación y las viviendas del pueblo.

Las calles cuentan con postes de iluminación deficientes (ver foto 1.4) igual que su plaza pública (foto 1.3), con apenas dos postes dentro de la misma plaza, cada una con sólo una luminaria en actividad, produciendo precaria y deficiente iluminación al igual que los tenues postes de alumbrado público. En este pueblo de Llauta no existe una oficina técnica que revise y mantenga permanentemente el servicio eléctrico. El personal encargado, tiene que viajar desde la provincia de Palpa, donde está instalada la oficina de Electro Sur Medio S.A.A. En caso de alguna avería de luz eléctrica actual, lamentablemente la población de Llauta vive sus noches a oscuras hasta contar con la presencia del mencionado personal, demorando, en mejor de los casos, dos horas. Mientras tanto, el pueblo vive en silencio, sin luz y sin radio emisora. Acuden entonces a su contingencia antieconómica, el usar pilas, velas, leña, kerosén, petróleo, etc.

En la actualidad, dentro de la estructura de gastos de una familia rural del distrito de Llauta, apenas el 18% de la población cumple habitualmente con el pago total de consumo de luz eléctrica a Electro Sur Andino S.A.A. Ellos “gozan” de iluminación, radio y televisión. Las demás familias prefieren no cumplir con los pagos o lo hacen parcialmente debido también a sus precarios ingresos familiares.

1.5 Electrificación rural con energías renovables

A raíz de la agudización del denominado cambio climático causado por el hombre, especialmente, por el uso masivo de los combustibles fósiles, todos los países del mundo han orientado su interés en el uso de las energías renovables.

En relación a América Latina hay que mencionar, en particular, los trabajos realizados por OLADE⁸, oficina cuya investigación concluye en que América Latina, globalmente, dispone de muchas energías renovables, sobre todo hidroenergía y energía de biomasa (etanol, biodiesel, aceite vegetal), pero lamentablemente son aún poco utilizadas y desarrolladas (equivalente al 10% de la hidroenergía)⁹.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL¹⁰) ha realizado un amplio estudio, país por país y energía por energía. Algunas conclusiones de este estudio son:

- Apenas el 28% del total disponible de energía renovable y sostenible es utilizada actualmente.
- La región andina presenta una amplia base de recursos energéticos, pero hay un cuadro limitado de demandas atendidas.
- De manera general, los biocombustibles reciben poca atención.
- Hay 267 000 MW de capacidad hidroeléctrica disponibles y una capacidad instalada es 45 000 MW.
- La oferta de equipos para conversión y utilización de fuentes renovables de energía es limitada.
- Los impactos económicos de la producción de energía eléctrica y combustibles a partir de fuentes renovables pueden ser muy importantes, particularmente para Perú y Bolivia.

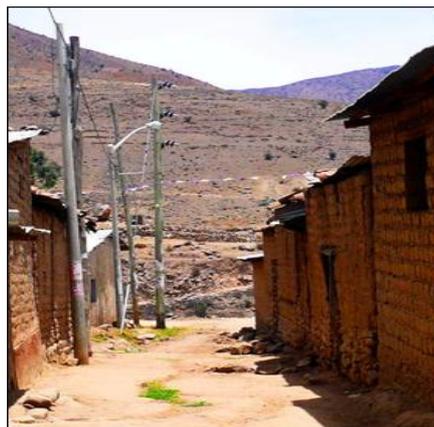


Foto 1.4 Calle típica con postes de alumbrado en Llauta

De éste y otros estudios se concluye que, en los países andinos existe un amplio campo de fomento del uso de energías renovables con el efecto deseado, mitigar los cambios climáticos generados por el uso de energías fósiles. Sin embargo, a corto y mediano plazo, la promoción del uso de las energías renovables en nuestros países, se vuelve urgente e importante, debido a la necesidad de desarrollo que tienen sus zonas rurales.

Sin energía eléctrica no puede haber desarrollo social. Hoy en día existen todavía amplios sectores de la población rural que carecen de este servicio. Esta exclusión, no solamente limitada a la energía, provoca severas inestabilidades y conflictos sociales, porque la energía eléctrica es un elemento clave para el bienestar y desarrollo de toda persona.

Por lo tanto, la electrificación de regiones rurales debe ser hoy un eje central de cualquier política democrática que busca promover de manera efectiva la igualdad de oportunidades entre sus pobladores.

En los países andinos, especialmente en Bolivia y Perú, hay millones de personas que todavía no disponen de electricidad en sus hogares. No hay datos confiables sobre la electrificación en estos países, pero contrastando diversas informaciones se

⁸ OLADE: Oficina Latinoamericana de Energía, sede en Quito – Ecuador

⁹ Manfred Horn: “Desarrollo de Regiones Rurales, Energía y Democracia”, Sustainable Energy and Climate Change en Latin America and the Caribbean .- Washington D.C. USA 2006.

¹⁰ Perspectivas de Sostenibilidad Energética en los Países de la Comunidad Andina”, abril 2005

puede estimar que todavía el 35% de bolivianos, 25% de peruanos, 10% de ecuatorianos y 5% de colombianos, que viven en regiones rurales apartadas de las redes eléctricas, no acceden a este servicio.

Desde hace 20 años se comenzó a usar en forma creciente, tanto en la región andina como en otras partes del mundo, los paneles fotovoltaicos. Mayormente se han instalado en casas, pequeños sistemas fotovoltaicos (SFV) llamados “Sistemas fotovoltaicos domiciliarios” (SFD), con una potencia típica de 50 Wp, lo que permite producir electricidad de unos 5 a 7 kWh/mes. Los SFD tienen hoy un costo de US\$ 500 – 1 000 (incluyendo instalación, batería, impuestos, etc.). No existen datos confiables sobre la cantidad de SFV instalados y operativos en los países andinos, pero cotejando la información de diversas fuentes es posible llegar a conclusiones específicas por cada país. A modo de ejemplo, se estima que en **Bolivia** hay unos 17 000 SFV, principalmente en forma de SFD, con una potencia total de 1,0 MWp, mayormente como resultado de programas de cooperación internacional. En **Colombia** 78 000 SFV, con una potencia total del orden de 6 MWp, en su mayoría adquiridos directamente por los usuarios. Con respecto a **Ecuador** se conocen algunos proyectos de electrificación rural con SFV, pero no se encontraron datos totales. En el **Perú** existen unos 17 000 SFV en total, con una potencia total de 1,5 MWp, correspondiendo 70% a telecomunicaciones y los restantes 30% a unos 3 000 SFD, instalados mayormente con el respaldo de proyectos del Gobierno y, en algunos casos, por aportes y cooperación internacional.

Es bueno mencionar que desde junio 1993 el Perú está participando, a través del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAM), en los acuerdos y preocupaciones de las Convenciones de Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNPCCC), viendo precisamente temas sobre el uso de las energías renovables. Se puede decir, entonces, que Perú no está al margen de lo que sucede con las experiencias de otros países, las mismas que se quiere aplicar en provecho de la Provincia de Lucanas, especialmente del distrito de Llauta y sus anexos.

Desde 1994, la Dirección Ejecutiva de Proyectos del MEM, viene ejecutando proyectos PER/94/028 “Energía no convencional” con fondos del gobierno. Estos proyectos tienen como temática central el uso de la energía fotovoltaica solar y la eólica. De los datos ubicados se conoce que a la fecha se han instalado 313 sistemas fotovoltaicos domésticos en diferentes comunidades rurales del Perú. Sin embargo, a pesar de los relativos éxitos de electrificación rural en diferentes zonas del país, empleando paneles solares, existen todavía una serie de obstáculos que deben superarse entre ellos:

- La escasa difusión sobre los medios de comercialización y operación de los sistemas de electricidad generada por energía renovable.
- El débil desarrollo de metodologías de gestión, promoción, operación, mantenimiento y asesoramiento para la instalación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar.

Aún cuando el costo del ciclo vital de un sistema fotovoltaico fuese menor al de las fuentes tradicionales de energía (linternas, pilas, velas lamparines y mecheros), el alto costo de inversión de un sistema FV no estaría al alcance de los hogares por sus ingresos económicos precarios. Esto se debe a los bajos volúmenes de demanda de

los pueblos y los altos costos de transporte e instalación que se verifican en zonas remotas, constituyéndose así en un obstáculo para la difusión de los SFV. La situación se agrava porque los campesinos en su mayoría, en el caso de Ayacucho, no tienen fácil acceso a las entidades financieras.

Para superar lo anterior, se deben desarrollar programas masivos de electrificación rural con SFV, elevar la demanda y volumen, para que de esa manera las empresas comercializadoras reduzcan razonablemente los precios.

Por otro lado, la electrificación rural con SFV traerá como consecuencia la mejora de la calidad de los pobladores, porque al suministrarles servicios eléctricos sostenibles se dará un primer paso de acercamiento a la modernidad y sus beneficios. Por último, se proyecta fomentar una mejora dentro de sus sistemas productivos. Como efectos colaterales se debe lograr la sustitución progresiva de combustibles fósiles por energía solar, así como la promoción y educación ambiental, para que los usuarios de zonas rurales aisladas empleen racionalmente los recursos naturales, reduciendo la tala indiscriminada de bosques vegetales que actualmente es penoso observar.

1.6 Proyectos de electrificación rural previstas al año 2013

Dentro del plan estratégico propuesto por el Ministerio de Energía y Minas: 2004-2013 (apréciese cuadro 1.4); para la electrificación rural en el Perú, a fin de mejorar el coeficiente de electrificación real que abarca los centros urbanos, incluyendo las áreas rurales aisladas; ha considerado invertir un total de US\$ 858 millones en los siguientes proyectos de electrificación, que beneficiarán a más de 4,3 millones de habitantes.

El empleo de la energía solar, a través de paneles fotovoltaicos, se viene considerando como la única opción para la electrificación de zonas eminentemente rurales del País como es el caso del 50% de la población Rural de la Provincia de Lucanas, en particular del distrito de Llauta. Se observan algunos avances en este rubro, como la instalación de 71 sistemas fotovoltaicos domiciliarios en las comunidades de Quishuarcancha y Palca. En los distritos de Chiara y Sancos de las Provincias de Huamanga y Lucanas. Ya se satisfacen algunas de las necesidades domésticas más comunes como son la iluminación y recreación (radio, TV b/n)

Metas previstas Programa Nacional de Electrificación Rural del MEM al año 2013

Descripción	Nº Proyectos	Alcance	Total Inversión Millones US \$
Estudios y proyectos	203	-	16,9
Líneas de transmisión	17	1 544 km	126,9
Pequeños sistemas eléctricos	261	27 184 km	568,6
Centrales Hidroeléctricas	57	7 047 kW	30,1
Centrales Térmicas	123	4 680 kW	3,4
Energía Solar(Paneles solares FV)	12 000	6 100 kW	96,2
Energía eólica (Aerogeneradores)	124	6 200 kW	16,5
Total			858,6

FUENTE: MEM, 2005

Cuadro 1.4 Metas de electrificación al 2013; Ministerio de Energía y Minas

1.7 Antecedentes de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos en el Perú

Los primeros ensayos sobre las posibilidades técnicas, sociales y económicas de usar paneles fotovoltaicos para una electrificación rural en el Perú se iniciaron en 1986 y están descritos a continuación.¹¹

1.7.1 Proyecto de la cooperación alemana en Puno

Dentro del marco de un proyecto anterior de la cooperación técnica peruano-alemana sobre bombeo eólico, en 1986 se inició, en la Región Puno, un proyecto con sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD). En la primera fase, llevada a cabo en ese año, se entregaron 50 SFD a familias campesinas en diferentes provincias de Puno así como instalaciones de prueba que fueron posteriormente vendidos a ellos mismos, cuando aun no se comercializaban. El meollo en este tema era la aceptación, tanto técnica, económica y socio-cultural, de los sistemas solares así como su utilidad y mantenimiento ulterior.

Los resultados positivos de esta primera fase la llevaron a una segunda en la que, con fondos de la Corporación Puno (CORPUNO), se creó un fondo rotativo para instalar, de 1986 a 1987, una cantidad de 200 SFD, atendiendo parcialmente 350 solicitudes en condiciones “pre-comerciales” (subsidiados), a un costo equivalente de US\$ 600 por sistema a ser cancelados en un plazo de 3 a 5 años. Los usuarios cumplieron sus compromisos de pago, generalmente antes de concluir su contrato, pero como los contratos fueron en moneda nacional (Intis, en ese entonces) y debido a la hiperinflación que se vivió desde 1988, sólo se logró recuperar lo necesario para adquirir otros 100 SFD.

Posteriormente, en el marco de un segundo convenio Perú - Alemania (1991-1996), que ha tenido como objetivo promocionar los SFD, creando de manera particular una infraestructura técnica y comercial en la región, se ha instalado más SFD, algunos como venta al contado (US\$ 1 200) y la mayor parte con fines sociales en colegios, salas comunales, postas médicas, etc. con parte de 350 paneles solares que la cooperación alemana había entregado al gobierno regional de Puno para estos fines.

Este proyecto de cooperación peruano - alemana concluyó en 1996. Sin embargo, desde 1991 la cooperación alemana retiró a sus expertos, debido a la extrema violencia en la región. En total, el proyecto ha instalado cerca de 500 SFD en la región. Los SFD están compuestos por un panel fotovoltaico de 45-50 Wp y un regulador de carga importado, una batería de 130 - 150 Ah tipo automotriz nacional y fluorescentes de 9W - 18W entre importados y nacionales. Parte del personal peruano que trabajó en el proyecto ha formado en 1996, en Puno, la empresa Solsistemas S.A., manteniéndose dentro de la misma actividad, pero ya como una empresa privada.

Durante la evaluación del proyecto que el CER-UNI ha realizado en 1996 (por encargo del MEM), se visitaron 32 de los SFD instalados en 1986 - 1987, es decir, hace muchos años. Todos continuaban en operación, apenas con cambios de las baterías y algunas lámparas después de 7 años. En general, se puede decir que los

¹¹ (M. Horn: Experiencias de electrificación fotovoltaica en el Perú - 2001)

usuarios de todos los SFD instalados, así como otras personas que conocían estos sistemas, se han expresado muy favorablemente sobre la utilidad de esta tecnología.

1.7.2 Proyecto de los 1 450 SFD del Ministerio de Energía y Minas

El Ministerio de Energía y Minas (MEM) adquirió en 1995-1996 250 SFD (panel FV de 50 Wp, batería sellada de 100 Ah, regulador de carga, 3 lámparas fluorescentes de 9 W) vía licitación internacional. Estos SFD fueron instalados por personal del mismo MEM en diferentes comunidades del país, mayormente en la selva (como en San Francisco y Yarinacocha), también en el altiplano (en las islas de los Uros, y en Huancho, Huancané). En cada comunidad se han instalado una a tres docenas de sistemas fotovoltaicos domiciliarios.

Los objetivos de este proyecto no estuvieron bien claros y menos la forma como sería organizado. Inicialmente, el MEM planteó que el proyecto debía incentivar a empresarios privados para invertir en proyectos fotovoltaicos bajo un esquema de mercado. Finalmente, se optó por dar al proyecto un objetivo social, mejorando las condiciones de vida de campesinos y nativos de la selva, pidiendo al beneficiario solamente una contribución para los costos de mantenimiento del SFD a su disposición. El MEM optó por mantener la propiedad sobre todos los SFD e involucró a los gobiernos regionales en la organización en cada localidad beneficiada de una "asociación de electrificación solar", integrada por todos los usuarios de los SFD y responsable del control y mantenimiento de los SFD.

Los interesados en obtener un SFD debían inscribirse en la asociación y pagar una cuota inicial determinada por el MEM en base a su apreciación del nivel económico de la población (en la práctica varió entre 10 y 100 nuevos soles; 1996: US\$ 1 = S/. 2,80) y después se preveía un pago mensual (5-10 nuevos soles). La directiva de la Asociación, con supervisión del gobierno regional, administraría estos fondos, que serían usados exclusivamente para dar mantenimiento a los SFD. No se logró recabar mayor información para saber si estos pagos se han ido realizando con regularidad hasta la fecha.

En 1997 el MEM ha importado 1 200 SFD adicionales (CIF US\$ 430/SFD: panel de 50 Wp, batería sellada de 100 Ah, 3 fluorescentes de 9 W, controladores de carga, etc.). Este Ministerio había decidido instalar estos SFD en comunidades de la selva norte y al parecer buscaba un mecanismo similar al descrito en el párrafo anterior para administrar los SFD. Una descripción de estas actividades se encuentra en el trabajo de Mijail Carrasco: "Electrificación fotovoltaica de la comunidad selvática de San Francisco".

La mayor parte de estos SFD quedaba en los almacenes del MEM en Lima, formando la base del proyecto del CER-UNI, descrito a continuación.

1.7.3 781 SFD en diferentes regiones

En 1999, después de meses de negociación, la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP), del Ministerio de Energía y Minas, MEM, firmó dos contratos con la UNI para el transporte, la instalación, la organización y la capacitación para la

electrificación de 24 localidades en siete Departamentos de la sierra y selva peruana (Cerro de Pasco, Ayacucho, Apurímac, Junín, Loreto, Madre de Dios, Ucayali).

La base para este proyecto fueron 781 SFD existentes en Lima, en los depósitos del MEM. Teniendo en cuenta la información de que muchas lámparas y reguladores de carga de los SFD que el MEM había instalado anteriormente, se habían malogrado, el CER-UNI evaluó primeramente muestras de los SFD en su laboratorio. Como consecuencia, el MEM exigió al proveedor el cambio de muchas lámparas y reguladores de carga.

También acordaron seguir con el siguiente esquema de gestión y organización:

- Los SFD adquiridos por el gobierno exonerados de impuestos y aranceles, siguen en propiedad de la empresa estatal ADINELSA (Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.), que administró toda la infraestructura eléctrica del Estado que no sea transferida a empresas privadas, debido, entre otros, a que no existe una empresa privada interesada en una infraestructura eléctrica que no sea rentable.
- Cada usuario recibió un SFD en "cesión en uso" y debieron pagar una cuota inicial de US\$ 35 - 45 y una cuota mensual de US\$ 5 - 8, según la capacidad económica, a ser determinada por el CER-UNI y coordinada con la DEP-MEM y el Gobierno Regional (en una misma comunidad se aplicará las mismas tarifas para todos usuarios). Cada usuario firmó con ADINELSA un "contrato de suministro de energía eléctrica con módulo fotovoltaico". En este contrato está estipulado que ADINELSA cortará su servicio si el usuario está con más de dos meses de atraso en sus pagos mensuales.
- Los usuarios de las comunidades están organizados en "Comités de Electrificación", incluyendo Grupos de Soporte Operativo (presidente, secretario, tesorero y vocal), que son responsables de la recaudación de las cuotas y apoyo a los trabajadores de soporte técnico. El dinero recaudado por cuota inicial y cuotas mensuales es depositado en una cuenta bancaria del Comité y debe servir para los gastos de mantenimiento y reposición de los SFD.

A la fecha, en todas las localidades previstas, se han conformado los comités de electrificación y todos los 781 SFD ya están instalados. Como ejemplo de una cuota a pagar, en soles, por el usuario abonaban simbólicamente 1US\$ = 2,80 nuevos soles, en ese entonces.

En algunas comunidades (p. ej.: Yurimaguas) la municipalidad ha asumido el costo de la cuota de instalación. En general, algunas cuotas mensuales no fueron regularizadas, ni canceladas a la fecha. Aún no está claro en qué forma ADINELSA supervisó los pagos mensuales ni cómo afectó el corte inmediato del servicio, tampoco ha logrado plantear el modo de reemplazo rápido de equipos averiados. Considerando que el compromiso contractual del CER-UNI concluyó con la instalación de los SFD, con la organización de los comités de electrificación y con la capacitación de los usuarios, las instalaciones estaban prácticamente abandonadas, mientras ADINELSA no habían subsanado su relación con los usuarios. Este aspecto se agravó con las dudas y razones de la calidad de muchas lámparas y reguladores de carga instalados.

1.7.4 Proyecto de Villa Solar de Taquile

El Centro de Energía Renovable de la UNI inició en 1996 un proyecto piloto de electrificación fotovoltaica rural en la comunidad insular de Taquile, en el lago Titicaca, bajo su propio esquema de gestión, y con un control estricto de la calidad de los equipos. La financiación inicial de este proyecto (US\$ 100 000) ha sido obtenido por el Proyecto para Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas, PAE/MEM. En 1996 instaló 100 sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD). En 1998 ha instalado otros 72 SFD en Taquile y en las islas vecinas de Uros y Soto. Los SFD se componen de un panel fotovoltaico de 50 Wp, instalado sobre un poste metálico, una unidad de control (controlador de carga y caja de fusibles instalado sobre un tablero), una batería de 100 Ah (tipo solar, abierta) y 3 lámparas fluorescentes de 11 W (con balasto para 12 V DC).

Una característica esencial del proyecto es que los usuarios adquirieron los SFD, pagando sus costos pero con facilidades de pago. Ofrecieron los SFD a los usuarios a US\$ 750 a pagarse en 5 cuotas durante 3 años. Como consecuencia de una licitación, el CER-UNI adquirió los SFD a un proveedor a un precio unitario de US\$ 850 (al contado, incluyendo impuestos, gastos de instalación y servicio de posventa).

En la fecha, los primeros 100 usuarios ya son propietarios. Todos, sin excepción, han pagado la totalidad de sus cuotas. Con la recaudación de estas cuotas se ha creado un fondo común y se ha financiado los 72 SFD instalados en 1998.

1.7.5 Segunda etapa del proyecto Taquile

El CER-UNI ha iniciado en 1999 una segunda etapa del proyecto Taquile, esta vez sin el apoyo financiero del Gobierno (ver foto 1.5). En esta segunda etapa se quiso evaluar la posibilidad de realizar proyectos de electrificación rural fotovoltaica prácticamente sin subsidio (solamente se ha previsto ser asesorado, por el CER-UNI, en el proceso de gestión y administración del proyecto). Para financiar esta segunda etapa, el CER-UNI ha tramitado un préstamo de cien mil dólares americanos (US\$ 100 000). Este préstamo debía ser pagado por el CER-UNI en 5 cuotas anuales, con un interés anual de 9%.



Foto 1.5 Casa con panel fotovoltaico Taquile – Puno

Sobre la base de este préstamo, en mayo de 1999 el CER-UNI ha ofrecido a pobladores de las comunidades insulares de Taquile, Uros, Amantaní y Soto y de Huancho (comunidad cerca a Huancané, Puno), contratos de compra venta para SFD, similares a los contratos firmados en la primera etapa del proyecto hace 3

años, pero añadiendo una cuota más para poder eliminar el subsidio que se había dado en la primera parte del proyecto, (es decir, en vez de $5 \times \text{US\$ } 150 = \text{US\$ } 750$, se pidió ahora $6 \times \text{US\$ } 150 = \text{US\$ } 900$). Contando con los fondos disponibles, se había logrado firmar 192 nuevos contratos a los pocos días.

La compra e instalación de los SFD se ha realizado en esta ocasión individualmente, es decir los módulos FV (56 Wp) se licitaron independientemente. Igual las unidades de control, las lámparas fluorescentes, las baterías (150 Ah, abiertas, estacionarias) y la instalación y servicio de postventa. Esto permitió cuidar mejor la calidad de los equipos y manejar de una mejor manera las posibilidades de pago¹².

Los precios fueron también menores que los previstos, sobre todo para los paneles fotovoltaicos. A pesar de eliminar prácticamente el subsidio (salvo el costo de la gestión y administración del proyecto), se pudo ofrecer los SFD a un precio de US\$ 650, al contado o en 5 cuotas de US\$150, financiado (primera cuota al momento de la instalación, y 4 cuotas anuales). En la foto 1.6 se muestra una de las islas flotantes de los Uros con paneles solares.

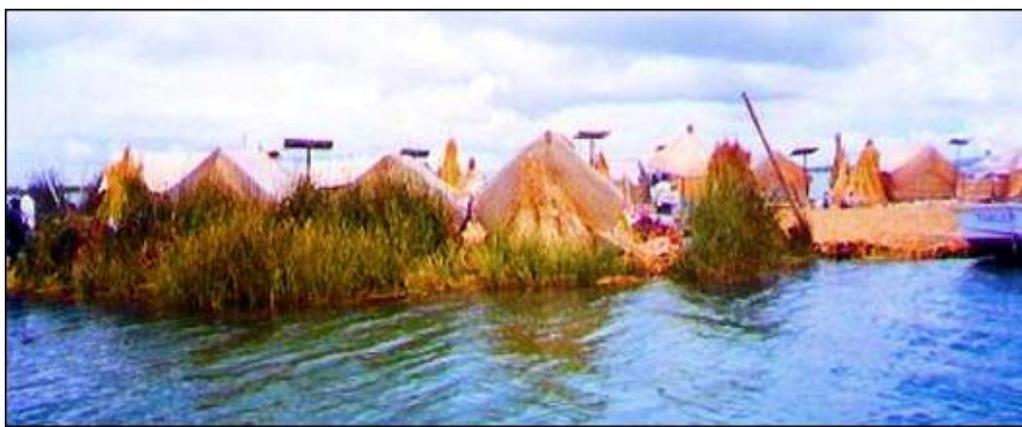


Foto 1.6 Una de las islas flotantes de los Uros con módulos fotovoltaicos
Puno (Lago Titicaca)

Por otro lado, con estos nuevos precios y con el dinero disponible se ha podido comprar 250 SFD. Estos módulos han sido instalados en octubre y noviembre de 1999 a excepción de uno de ellos debido a la avería durante el viaje hasta Puno. Hay que anotar, en particular que muchos pobladores de la otra isla del lago Titicaca llamado Amantaní deseaban poder adquirir su propio SFD, bajo las condiciones del proyecto, a pesar de que tenían y tienen conexiones a la red eléctrica local (la que les proporciona, en el mejor de los casos, electricidad entre las 18:00 y 21:00 horas). Dentro del contexto de este proyecto, el CER - UNI ha instalado hasta la fecha un total de 421 SFD.

Existe una gran aceptación de esta tecnología en la región del lago Titicaca, y se ha creado mucha expectativa, de parte de muchas familias de otros lugares, para adquirir los SFD en condiciones similares al proyecto de Taquile. Esto es lo que se propone hacer en la Provincia de Lucanas, iniciando el proyecto en el distrito de Llauta.

1.7.6 Electrificación fotovoltaica en Chota y Bambamarca

¹² Manfred Horn; Experiencias de Electrificación Fotovoltaica en el Peru-UNI

Ubicado en el departamento de Cajamarca, el año 2004, ejecutaron en las provincias de Chota y Bambamarca un proyecto de electrificación fotovoltaica que consistió en la instalación de 409 sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD).

Como se ilustra en el cuadro 1.3, el departamento de Cajamarca, presenta casi el 60% de domicilios habitados con déficit de electrificación. Es más grave que Ayacucho. Es decir de una población de más de un millón 350 mil habitantes, solamente el 40% cuenta con energía eléctrica.

El Ing. José Delgado Flores de TECNOSOL EIRL afirma que este problema se agudiza más en las zonas rurales que representan más de 75 % del total y en zonas alejadas donde no se han instalado absolutamente redes convencionales por el carácter disperso de sus viviendas.

Dicho proyecto fue promovido y gestionado por las ONGs peruanas asociadas a la ONG española llamada AYUDA EN ACCION, financiado por el Ayuntamiento de Madrid, España.

El año 2005 este proyecto fue evaluado con resultados positivos, confirmando la viabilidad de cada uno de los SFD porque estaban funcionando como lo están a la fecha. El proyecto fue finalmente una realidad por lo que esta cantidad de viviendas tienen su electrificación aún estando en zonas aisladas.

Cada sistema está compuesto por un panel solar de 50Wp (Shell Solar), un controlador (regulador) de carga de 8,8 A (Steca), una batería estacionaria de 100 Ah (CAPSA) y tres lámparas compactas ahorradoras de 12V, 11W (Steca). El sistema de financiamiento aplicado fue el de aportes compartidos: cada beneficiario asumió el 15,4% del costo (US\$ 100,00), las ONGs locales aportaron como contraparte el 12,2% y el Ayuntamiento de Madrid el 72,4%. Más adelante, en el año 2006, empleando la misma metodología, volvieron a instalar en Chota 100 SFD y durante el 2007 en Bambamarca 326 SFD, haciendo un total de 835 SFD, que benefician a igual número de familias. Se debe mencionar además, la instalación de 20 sistemas fotovoltaicos comunales para: TV educativa, radio comunicación e internet¹³.

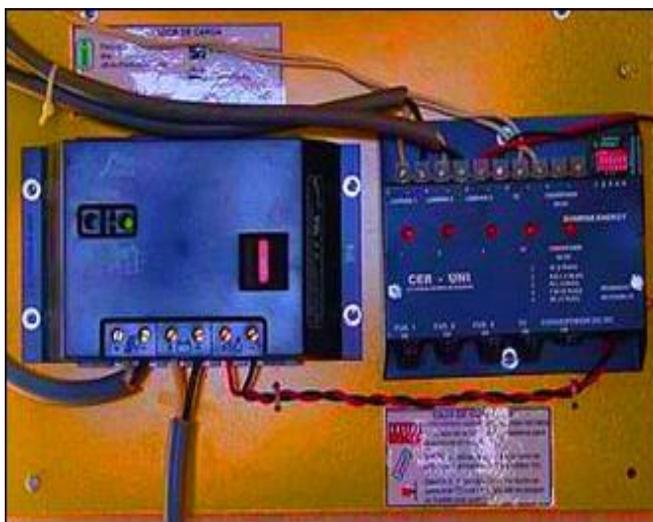


Foto 1.7 Unidad de control del SFD con regulador y convertidor

¹³ José Delgado.- Memorias del XIV Simposio Peruano de Energía Solar - Cusco 2007

CAPÍTULO II

2. Introducción a los sistemas fotovoltaicos: Aplicaciones rurales

2.1 La energía solar

El Sol es, desde los albores de la historia, una fuente primordial de recurso energético para el hombre y los seres vivos. Durante este siglo XXI estamos comprobado que la revolución tecnológica se está incrementado, sobre todo para lograr el aprovechamiento de la energía de recursos renovables. Esta fuente energética se caracteriza por ser natural, no contaminante e inagotable. Puede, en un futuro próximo, liberarnos de la dependencia del petróleo y de otras alternativas menos seguras (centrales nucleares) y más contaminantes (centrales térmico-nucleares).

Un punto débil del proyecto es que la radiación solar en invierno es menor (cuando se requiere más energía). Por otro lado, es imprescindible desarrollar la tecnología de captación, acumulación y distribución de energía solar, para que esta pueda ser competitiva frente al resto de opciones energéticas que se ofrecen en el mercado.

Perú, gracias a su favorable ubicación geográfica, cercana al Ecuador terrestre y la altitud de gran parte de su territorio (cordillera de los Andes), cuenta con elevados niveles de radiación solar (700 a 1000 W/m²), ofreciendo un gran potencial energético que puede ser utilizado en aplicaciones tecnológicas.

En los últimos 20 años; gracias a este potencial y al desarrollo científico tecnológico alcanzado por muchas instituciones nacionales en especial las Universidades, el Ministerio de Energía y Minas y otros Centros Privados; se han desarrollado proyectos de mucho éxito con la promoción y difusión de tecnologías solares, que benefician a miles de familias peruanas, en particular aquellas ubicadas en zonas rurales. Entre ellos destacan:

- Proyectos de secado solar, realizados con el apoyo de la Cooperación Alemana. Desarrollaron y difundieron decenas de secadores solares para tratar diferentes productos agropecuarios de la costa, sierra y selva peruana.
- Proyectos de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos, aplicados en diferentes zonas fronterizas del Perú, entre los que son realidad los cientos de sistemas instalados en las islas del Lago Titicaca.
- La fabricación de termas solares que benefician a miles de familias.

El conocimiento y análisis de la radiación solar disponible en un lugar determinado es indispensable para el diseño, construcción y evaluación de sistemas eléctricos que funcionen con energía solar. Sin embargo, la información sobre radiación solar es muy escasa, limitada y no sistematizada. Otra es la situación al referirnos al tema de cálculo de la radiación solar, el cual es muy sofisticado, complejo y amplio. Sobre esta existe variada información bibliográfica, por lo que es necesario establecer algunos criterios básicos para el estudio de la misma.

“Poseemos la tecnología para hacer uso de la energía del sol a niveles de eficiencia de entre el 42-56 %... hemos hecho grandes avances. Si se pueden concentrar los rayos del sol mediante el uso de lentes o espejos gigantes entonces los resultados son más alentadores. Creemos que en un futuro cercano, de entre 15 y 25 años, podremos reducir el coste entre 7 y 10 centavos de dólar por kilovatio-hora. Contamos con una gran ventaja ya que no se necesitan cables, tubos o hilos. Se puede enviar como si fuera una llamada al teléfono móvil – donde se quiera y cuando se quiera, en tiempo real”¹⁴.

La energía solar (insolación total global) que llega a la superficie de la tierra consiste en radiación directa y difusa (la luz difusa se puede dividir a su vez en varias categorías)¹⁵.

2.1.1 El espectro de la radiación solar

El Sol es una estrella de segunda o tercera generación, su diámetro es de $1,39 \times 10^6$ km, la distancia media Tierra - Sol es de 149 675 000 km. Es un reactor nuclear que por fusión convierte hidrógeno en helio. En su núcleo la temperatura alcanza los 40 000 000 K. La temperatura en su superficie es muy inferior, alrededor de los 6 000 K, se puede decir que la energía que nos llega equivale a la emitida por un cuerpo negro que tuviera una temperatura de 5 762 K. La radiación emitida por el Sol no tiene la misma intensidad a cualquier longitud de onda, sino que tiene una distribución espectral como indica la figura 2.1.

¹⁴ Declaración en el 2001 del Dr. Neville Marzwell de la NASA

¹⁵ Manuel Collares Pereira.- Radiación Solar (1999). CYTEDD-D.

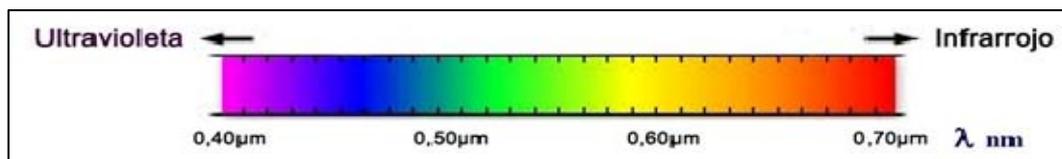


Figura 2.1 Longitud de onda y frecuencia (espectro visible)

La figura muestra la distribución espectral de un cuerpo negro a 5 762 K y la distribución espectral de la radiación solar que llega a nivel del mar.

La zona espectral con longitudes de onda menores a $0,38 \mu\text{m}$ corresponden a la radiación ultravioleta, aquella entre $0,38$ y $0,78 \mu\text{m}$ es la radiación visible, y aquella superior a $0,78 \mu\text{m}$ es la radiación infrarroja. El máximo de intensidad de la radiación solar ocurre aproximadamente a $0,50 \mu\text{m}$, que corresponde al color verde.

Es posible calcular la cantidad de energía que está asociada a cada una de las bandas espectrales, resulta así que un 7% corresponde a UV, 47% al visible y 46% al infrarrojo.

La radiación que sale del Sol, no es idéntica a la que llega a la superficie de la tierra, debido a que esta atraviesa la atmósfera terrestre. En la figura 2.2 se muestra la energía promedio en un día solar de 5 horas.



Figura 2.2 Día solar de 5 horas

En ésta se dispersa por las moléculas que constituyen el aire, el polvo y el vapor de agua. Se absorbe en forma selectiva, por el ozono (UV corto), vapor de agua (IR largo) y el O_2 y CO_2 , cuyas concentraciones varían de acuerdo con el tiempo. La cantidad de radiación absorbida o dispersada depende de la trayectoria óptica de la radiación a través de la atmósfera.

Ubicado el Sol en el punto más alto, es decir a medio día solar, la radiación es mucho mayor y con distinta calidad espectral que cuando está cerca del horizonte. En la figura 2.3 se ilustra la “masa de aire”.

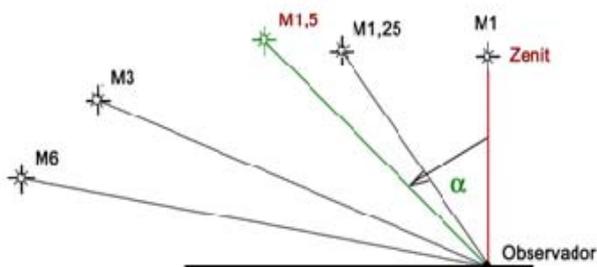


Figura 2.3 Masa de aire

La intensidad (integrada para toda longitud de onda) de la radiación fuera de la atmósfera terrestre es conocida como constante solar y su valor más aceptado es: $I_0 = 1\,372,7 \text{ W/m}^2$ como valor promedio normal para incidencia normal al plano de medida. Este valor varía a lo largo del año.

La tierra, como es sabido, tiene un movimiento de rotación en torno a su eje polar. Esta rotación origina el día y la noche. Este eje está inclinado en un ángulo de $23,45^\circ$ con respecto al plano de la órbita de la tierra en torno al Sol (la eclíptica). El eje terrestre apunta en una dirección fija con respecto a la eclíptica, originando así las estaciones del año.

Existe una diferencia convencional entre el tiempo marcado por nuestros relojes (hora legal o civil) y el tiempo solar (hora solar). En general, cuando hablamos de horas o tiempo nos referimos al tiempo solar. Por convención el tiempo solar tiene valor cero al medio día solar, es decir cuando el Sol corta el meridiano del lugar.

2.1.2 Interacción con la atmósfera, radiación global, directa y difusa¹⁶

La radiación solar, en su trayecto hacia la superficie terrestre, es parcialmente absorbida, reflejada y dispersada por los distintos constituyentes de la atmósfera.

Para los efectos prácticos que nos interesan, estos fenómenos de absorción, reflexión y difusión, dan origen a dos componentes: La radiación directa y la difusa, la primera es la que proviene directamente del disco solar, aquella capaz de proyectar sombras, y la segunda es la que llega dispersada en todas direcciones de la bóveda celeste. La suma de estas dos se llama radiación global o hemisférica.

La radiación global se mide normalmente con un aparato llamado **piranómetro**. La radiación dispersada también se puede medir usando los piranómetros, con la precaución de bloquear la radiación directa. Los instrumentos para medir la radiación directa se llaman **pirheliómetros**. Definiendo de manera práctica la radiación directa, diremos que, es aquella que se mide por un pirheliómetro o la capaz de proyectar una sombra. En la figura 2.4 se muestra la distribución espectral de la radiación solar.

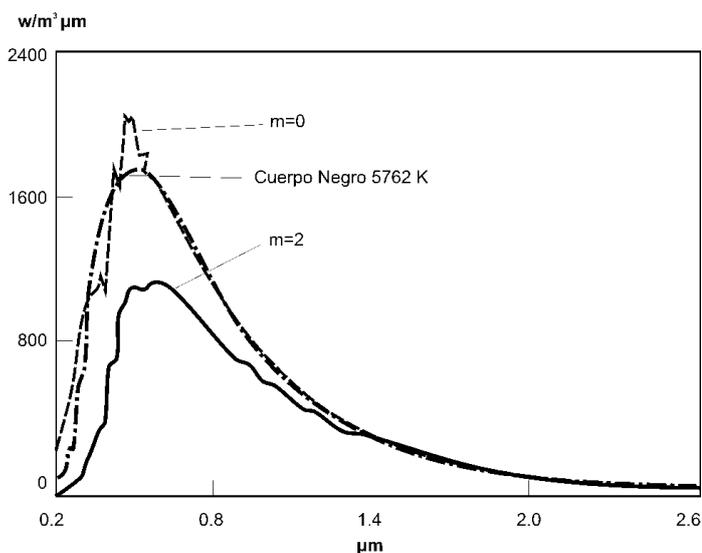


Figura 2.4 Distribución espectral de la radiación solar

Uno de los instrumentos más comunes en las estaciones meteorológicas es el **heliógrafo**. Aunque no mide directamente la radiación solar, estos instrumentos se usan para determinar el número de horas de sol directo que hay en un cierto período.

¹⁶ Red Iberoamericana de Solarimetría.- Terminología.-1999

En cuanto a la nomenclatura de estas magnitudes, se emplean las letras **I** para denominar la potencia solar incidente en una superficie por unidad de área, en W/m^2 (watts por metro cuadrado), a esta magnitud se le denomina **irradiancia**.

De igual modo la letra **H** representa la energía solar incidente en una superficie por unidad de área, en J/m^2 (Joules por metro cuadrado), esta magnitud recibe el nombre de **Irradiación**. Se emplean los sub índices h, b y d, para identificar a la radiación global, directa y difusa, respectivamente, por ejemplo:

$$I_h = I_d + I_b$$

$$H_h = H_d + H_b$$

Donde: I_h , I_d , I_b , son valores instantáneos de radiación solar en W/m^2 . En el plano horizontal, los subíndices h para la global, d para la difusa y b para la directa. De igual modo, H_h , H_d , H_b , son los valores integrados diarios de radiación solar en $[J/m^2]$ arriba indicado.

2.1.3 Disponibilidad de datos de radiación

A efectos de aplicar la energía solar, interesa conocer los valores de radiación global y difusa para aplicaciones como los secadores e invernaderos. También es muy útil y de interés conocer los valores de radiación directa cuando se trata de usar colectores, concentradores, etc.

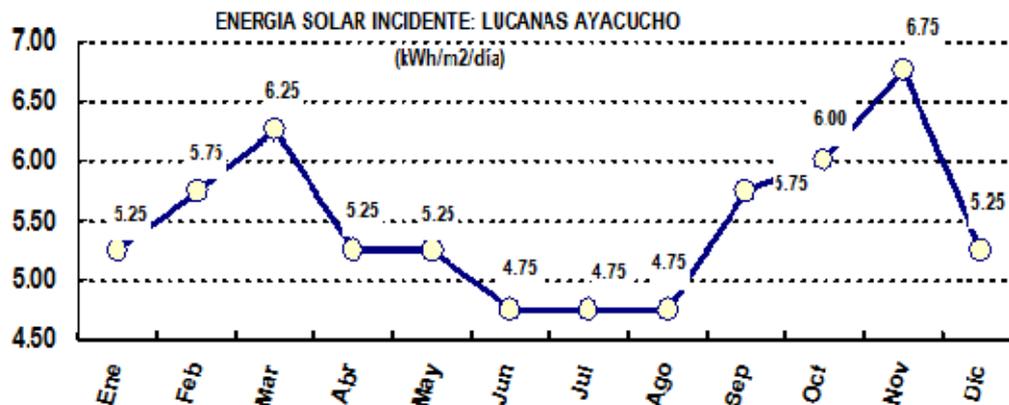


Gráfico 2.1 Radiación promedio: Llauta – Lucanas, Ayacucho

FUENTE: SENAMHI

Si la aplicación solar no está en un lugar exacto donde haya datos de insolación, se debe interpolar entre dos o más estaciones vecinas. Esta interpolación es más exacta en la medida que no existan grandes accidentes geográficos entre la estación y la aplicación y que el clima sea similar. Es evidente que la diferencia entre el fondo de un valle y la cumbre de una montaña puede ser enorme, haciendo incluso imposible una simple interpolación. En estos casos se debe proceder a establecer semejanzas con otros lugares en los que estos efectos han sido medidos.

Las estaciones meteorológicas del Perú, pertenecientes a la Red del SENAMHI han proporcionado una serie de datos, sobre todo de heliofanía (horas de sol), Irradiación (kWh/m^2) e Irradiancia (W/m^2), para construir un mapa de radiación

nacional y departamental. En el caso del departamento de Ayacucho las estaciones meteorológicas que aportaron información fueron:

Estaciones meteorológicas en Lucanas, región Ayacucho

Código	Estación	Provincia	lat.(sur)	long.	alt.(msnm)
110714	Pedregal	Lucanas	14° 25'	74° 26'	4 100
110736	Puquio	Lucanas	14° 42'	74° 08'	3 215
110737	Andamarca	Lucanas	14° 23'	73° 58'	3 490

Cuadro 2.1 Estaciones Meteorológicas en la Región Ayacucho

Con la información proporcionada por estas estaciones se han construido mapas de radiación solar cuyos valores, medios diario-anales, dan información aproximada sobre el importante valor de éste en el diseño y cálculo de sistemas solares. En el gráfico 2.1 se muestra la radiación promedio en Lucanas-Ayacucho. En el cuadro 2.2 se presentan los valores de la energía solar diaria de Lucanas-Ayacucho y en cuadro 2.3 el horario de salida y puesta del sol en Llauta.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

Energía solar incidente diario: kWh/m ²			
Lucanas Ayacucho	1975 - 1990		
	Mín.	Máx.	Prom.
Enero	5,0	5,5	5,25
Febrero	5,5	6,0	5,75
Marzo	6,0	6,5	6,25
Abril	5,0	5,5	5,25
Mayo	5,0	5,5	5,25
Junio	4,5	5,0	4,75
Julio	4,5	5,0	4,75
Agosto	4,5	5,0	4,75
Septiembre	5,5	6,0	5,75
Octubre	5,5	6,5	6,00
Noviembre	6,5	7,0	6,75
Diciembre	5,0	5,5	5,25
Promedio diario anual			5,48

Cuadro 2.2 Energía solar diaria de Lucanas-Ayacucho
FUENTE: SENAMHI

Horas de salida del sol en Llauta:

(HS)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
05,44	05,58	06,03	06,06	06,12	06,21	06,25	06,15	05,55	05,34	05,22	05,27

Horas de puesta del sol en Llauta:

(HP)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
18,35	18,30	18,14	17,53	17,40	17,40	17,47	17,54	17,56	17,58	18,08	18,24

Horas astronómicas del día en Llauta:

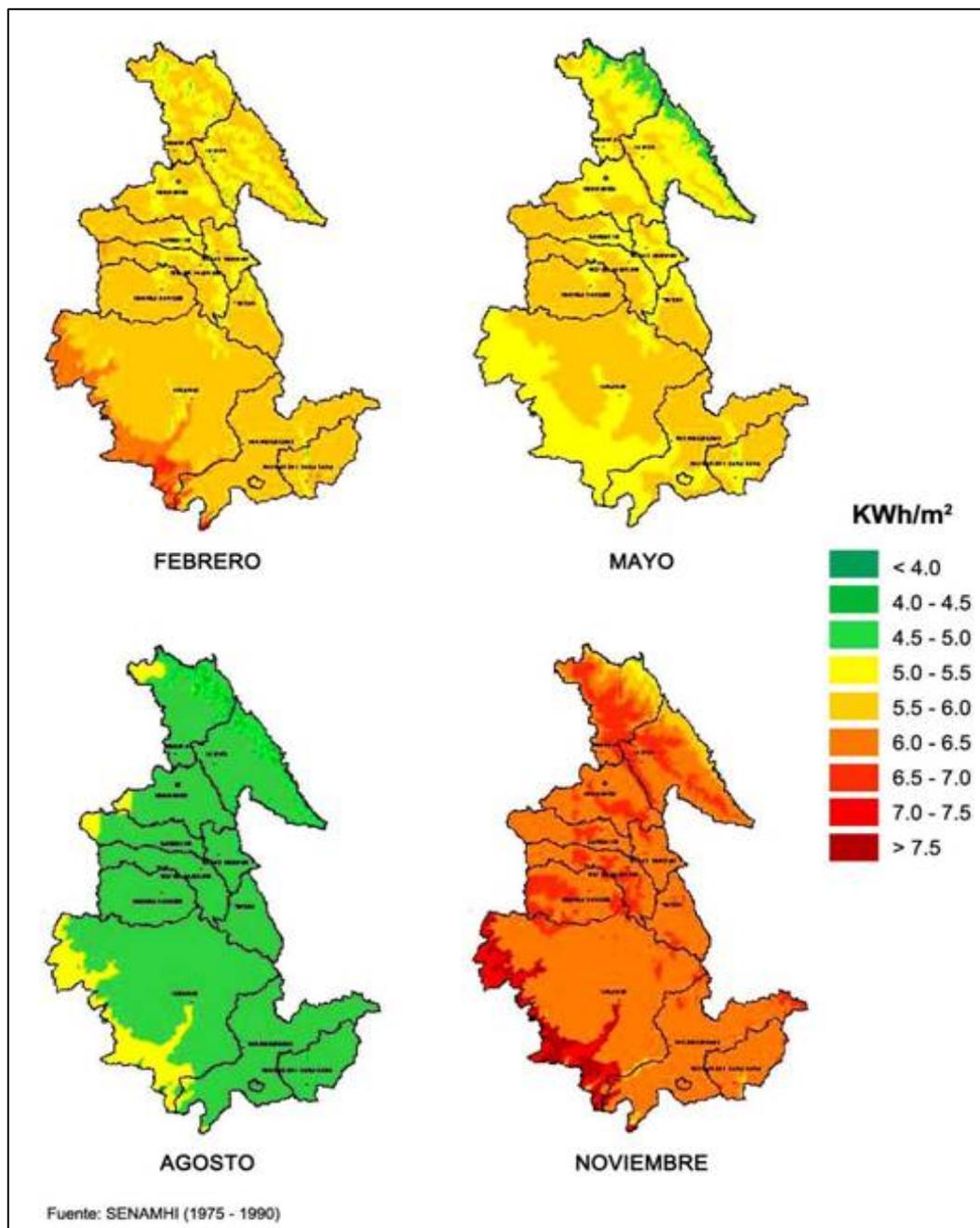
(Nd)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
12,9	12,5	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,7	12,0	12,4	12,8	13,0

FUENTE: SENAMHI

Cuadro 2.3 Horario de salidas y puestas del sol en Llauta

En el mapa 2.1 se muestra el promedio diario anual de energía solar en la Provincia de Lucanas-Ayacucho: “Atlas de Energía Solar del Perú”, publicación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en convenio con la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas (DEP-MEM) 2003.

Una segunda fuente de información empleada en la década de los 70 y 80, fue el mapa por departamentos del potencial solar (Mapa 2.2), elaborado por César Augusto Kadono Nakamura - Facultad de Ingeniería Mecánica UNI, 1972. Este mapa muestra en color azul la irradiación diaria media anual, para cada uno de los departamentos del territorio peruano, así como los potenciales disponibles en color naranja. Por ejemplo, para el departamento de Ayacucho se muestra una irradiación diaria media anual de 6,84 kWh/m²-día y un potencial anual de 2 497,15 kWh/m²-año.



Mapa 2.1 Energía Solar - Incidencia solar diaria, Provincia de Lucanas, Departamento de Ayacucho. FUENTE: SENAMHI

De las informaciones anteriores se desprende que la Región Ayacucho, en particular la provincia de Lucanas (distrito de Llauta), recibe niveles altos de radiación solar, un promedio de 6,0 kWh/m²-día, siendo los meses de menor radiación: junio, julio, agosto con 4,5 kWh/m²-día. (cuadro 2.2).

Tal como se señaló anteriormente, otro dato de vital importancia es el conocimiento del número de horas de sol o longitud del día (N_d) y la hora de salida y puesta del mismo (W_s). Con ese fin se pueden emplear ecuaciones como:

Ángulo horario de salida del Sol = Ángulo horario de entrada del Sol

$$W_s = \cos^{-1}(-\tan\theta \tan\delta) \quad [\text{grados}] \quad (2.1)$$

Considerando esta ecuación a $360^\circ = 24$ horas y $1^\circ = \frac{1}{15}$ horas,

$$\text{la fórmula (2.1) sería: } W_s = \frac{1}{15} \cos^{-1}(-\tan\theta \tan\delta) \quad [\text{horas}] \quad (2.1a)$$

$$\theta = \text{Latitud,} \quad \delta = \text{Declinación solar}$$

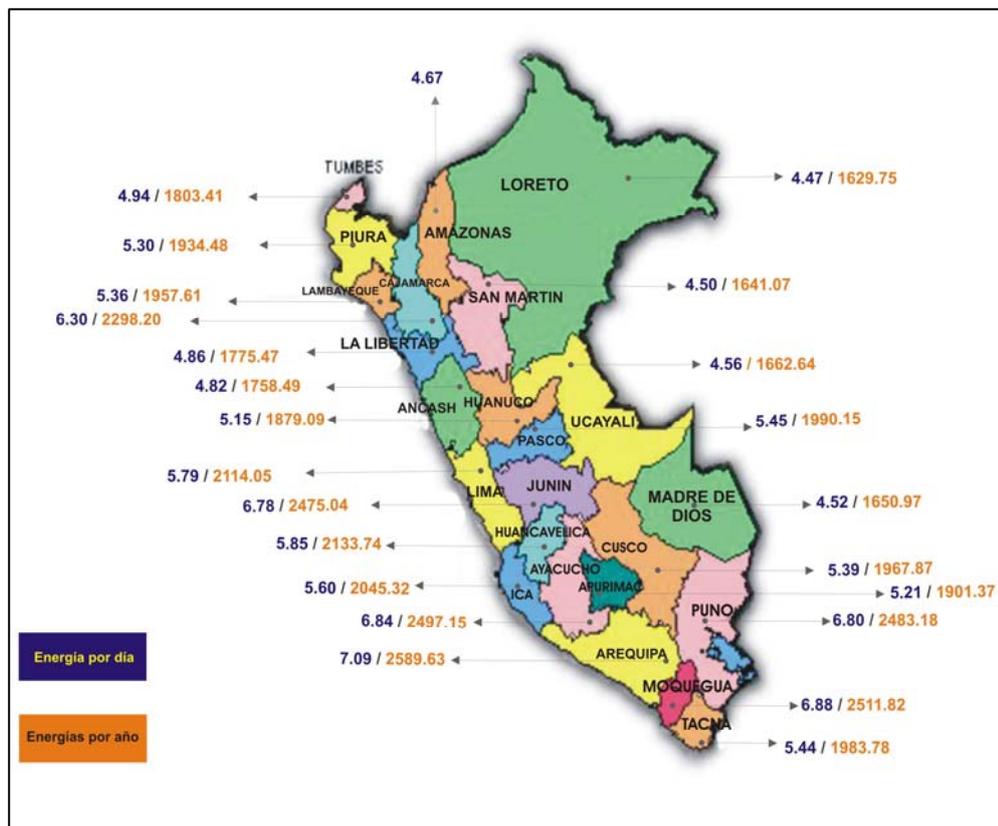
$$\text{Tiempo solar (Ts):} \quad T_s = 12 - \frac{W_s}{15} \quad [\text{horas}] \quad (2.2)$$

$$\text{Longitud del día:} \quad N_d = 2 W_s \quad [\text{horas}]$$

Si aquí se reemplaza (2.1a) el número de horas del sol está dado por:

$$N_d = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan\theta \tan\delta) = \frac{2}{15} W_s \quad [\text{horas}] \quad (2.3)$$

En el cuadro 2.4 se muestra la hora de salida del sol ($W = HS$), la hora de puesta del sol ($W = HP$) y la duración Astronómica del día (N_d) para diferentes latitudes.



Mapa 2.2 Potenciales de energía solar (kWh/m^2): País

Ángulo horario de salida y entrada del sol

Lat. Sur	12°			14°			16°		
	HS	HP	Nd	HS	HP	Nd	HS	HP	Nd
Ene	05:47	18:32	12,8	05:44	18:35	12,9	05:40	18:39	13,0
Feb	06:00	18:28	12,5	05:58	18,30	12,5	05:56	18:32	12,6
Mar	06:04	18:14	12,2	06:03	18:14	12,2	06:03	18:14	12,2
Abr	06:05	17:55	11,8	06:06	17:53	11,8	06:08	17:52	11,7
May	06:09	17:43	11,6	06:12	17:40	11,5	06:15	17:37	11,4
Jun	06:18	17:43	11,4	06:21	17:40	11,3	06:25	17:36	11,2
Jul	06:21	17:51	11,5	06:25	17,47	11,4	06:28	17:44	11,3
Ago	06:13	17:56	11,7	06:15	17:45	11,7	06:17	17:52	11,6
Set	05:54	17:56	12,0	05:55	17:56	12,0	05:55	17:55	12,0
Oct	05:35	17:57	12,4	05:34	17:58	12,4	05:32	17:59	12,5
Nov	05:25	18:05	12,7	05:22	18:08	12,8	05:19	18:10	12,9
Dic	05:30	18:20	12,8	05:27	18:24	13,0	05:23	18:28	13,1

Cuadro 2.4 Horario general promedio de salida y puesta del sol en el Perú

Ref.: National Oceanic Atmospheric Administration - NOAA (2002) (día 15)

En los diseños suelen emplearse mapas de trayectorias del sol, construidas en base a las coordenadas geográficas del lugar: altitud, azimut solar, las mismas que permiten ver la posición del sol en diferentes épocas del año, así como su hora de salida y puesta.

En la figura 2.5 se ilustran las trayectorias del sol para el departamento del Cusco. (Ref. Pedro Zanabria 2000).

2.2 La energía fotovoltaica

La conversión de la energía solar (ondas electromagnéticas) en energía eléctrica, es un fenómeno físico conocido como el **efecto fotovoltaico**. Esta transformación es producida por un dispositivo llamado **célula solar**.

2.2.1 Célula solar: El efecto fotovoltaico en células electroquímicas fue descubierto por Becquerel en 1839, pero hasta 1954 no se tuvo una célula solar capaz de convertir con eficiencia la energía solar en energía eléctrica. Este dispositivo fue desarrollado por Chapín, Fuller y Pearson¹⁷, y desde entonces se observa un desarrollo impresionante de este campo y su uso, cada vez mayor, para la satisfacción de necesidades eléctricas en áreas rurales.

¹⁷ Muhammad Iqbal .-“An Introduction to solar Radiation”.- 1990

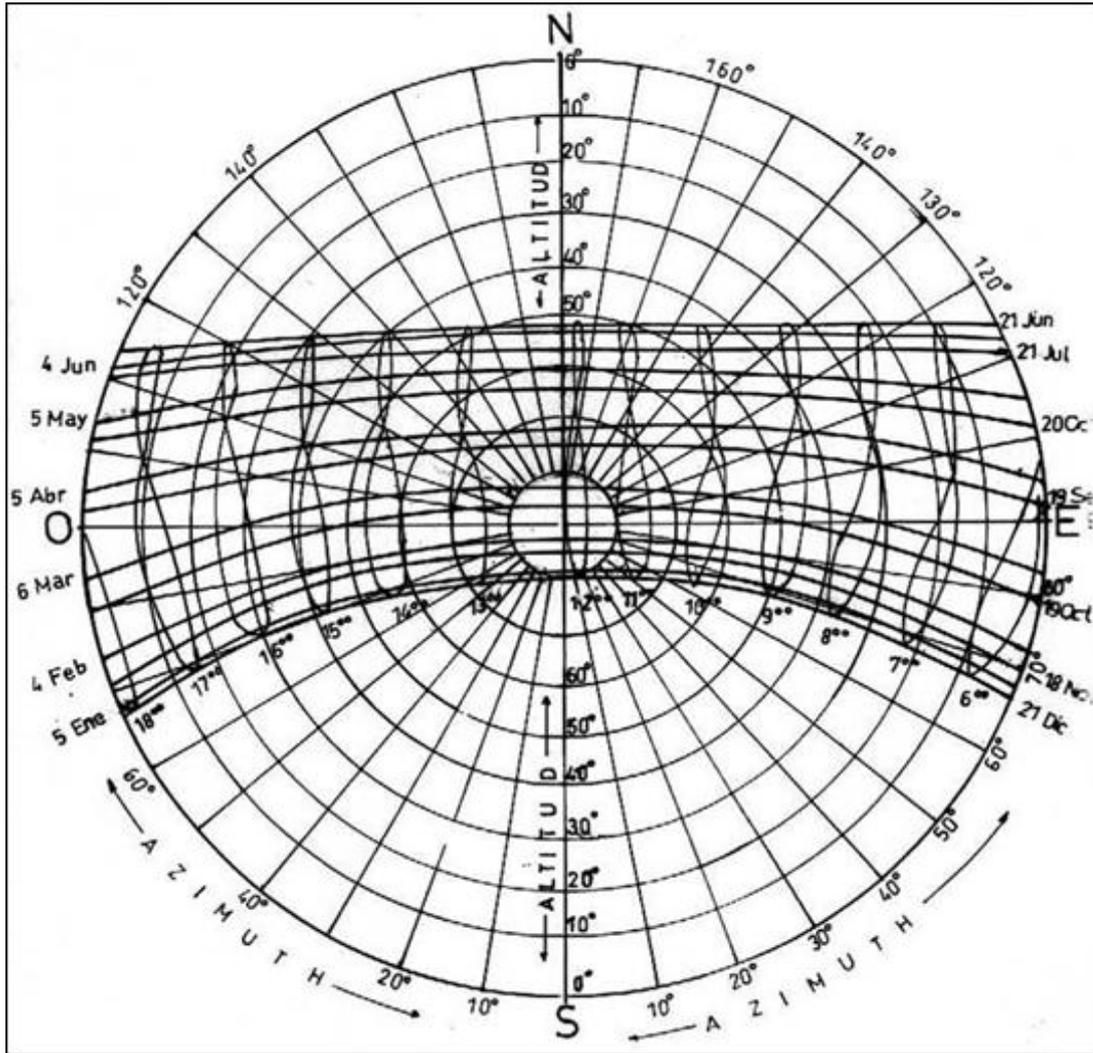


Figura 2.5 Trayectoria del sol - Cusco
 13° 31' Latitud Sur, 71° 58' Longitud Oeste, Meridiano Estándar 75° 00' Oeste

Cuando la luz solar incide sobre ciertos materiales llamados semiconductores, los fotones son capaces de transmitir su energía a los electrones de valencia del semiconductor para que rompan el enlace que los mantiene ligados a los átomos respectivos. Por cada enlace roto queda un electrón libre para circular dentro del sólido.

La falta de electrones en el enlace roto, llamado también hueco puede desplazarse libremente por el interior del sólido, transfiriéndose de un átomo a otro. Los huecos se modelan como partículas con carga positiva igual a la del electrón. El movimiento de electrones y huecos en direcciones opuestas generan una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular

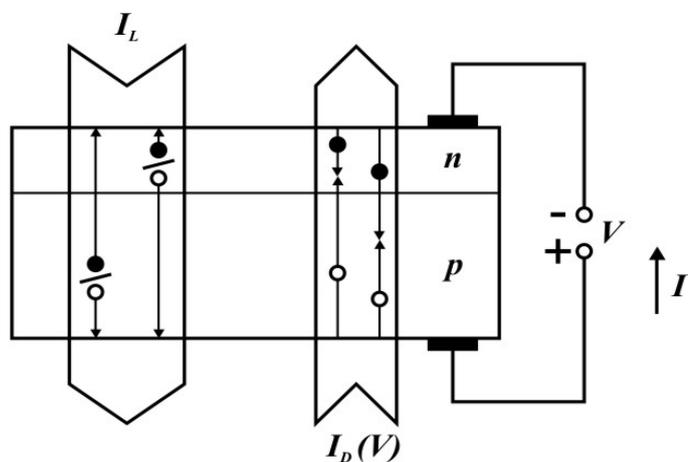


Figura 2.6 Célula solar conectada a una carga externa

por el circuito externo y liberar en él energía cedida por los fotones al crear los pares electrón/hueco. Para separar los electrones de los huecos, e impedir que restablezcan el enlace, se utiliza un campo eléctrico (diferencia de potencial), dando lugar a una corriente en el sentido del campo. En las células solares convencionales este campo eléctrico se consigue en la unión de dos regiones de un cristal semiconductor, como el silicio, una de las regiones llamada tipo n, se impurifica con fósforo. La otra de tipo p, se impurifica con boro.

Las grandes diferencias de concentración entre electrones y huecos de ambas regiones, se crean para mantener un campo eléctrico dirigido de la región n a la región p, que es el responsable de separar los electrones y huecos extras que se producen cuando la célula está iluminada.

2.2.2 Principio de funcionamiento

Si se ilumina una célula solar que se encuentra conectada a una carga externa, como indica la figura 2.6, se producirá una diferencia de potencial en dicha carga y una circulación de corriente que sale del circuito exterior por el terminal positivo y vuelve a la célula por el negativo. En estas condiciones de funcionamiento la célula se comporta como un generador de energía y presenta el máximo interés. Los fenómenos que tienen lugar en el interior del dispositivo pueden describirse de la siguiente manera:

- Los fotones que inciden sobre la célula, con energía igual o mayor que el ancho de la banda prohibida, se absorben en el volumen del semiconductor y generan pares electrón/hueco que pueden actuar como portadores de corriente.
- El campo eléctrico generado por la unión **p-n** produce la separación de los portadores antes de que puedan recombinarse de nuevo, ocasionando la circulación de la corriente que suministra energía a la carga.
- La presencia del voltaje en los terminales del dispositivo produce, como en cualquier dispositivo de unión p-n, fenómenos de inyección y recombinación de pares electrón/hueco, que en la célula solar actúan como pérdidas de recombinación que dependen del mencionado voltaje.

En resumen, la corriente entregada a una carga por un diodo semiconductor iluminado es el resultado neto de dos componentes internos de corriente que se oponen:

- a) La corriente fotogeneradora o fotocorriente I_L , que genera los portadores que producen la iluminación.
- b) La corriente de diodo o corriente de oscuridad I_D , que recombina los portadores que producen el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga.

Admitiendo que la célula responde linealmente a estas excitaciones de iluminación y voltaje, la corriente neta que circula por el exterior vendrá dada por la suma algebraica de los dos componentes de corrientes anteriores:

$$I = I_L - I_D(V) \quad (2.4)$$

Ecuación característica de la célula solar.

2.2.3 Características eléctricas de una celda fotovoltaica

La característica eléctrica básica de una celda FV está dada por su curva característica I-V que da corriente I (en Ampere, A), misma que fluye a través de la celda en función de la tensión V (en V), existente entre los bordes de la celda (figura 2.7). Todas ellas dependen de la Irradiancia (en W/m^2), de la composición espectral, de la radiación solar incidente y de la temperatura de la celda.

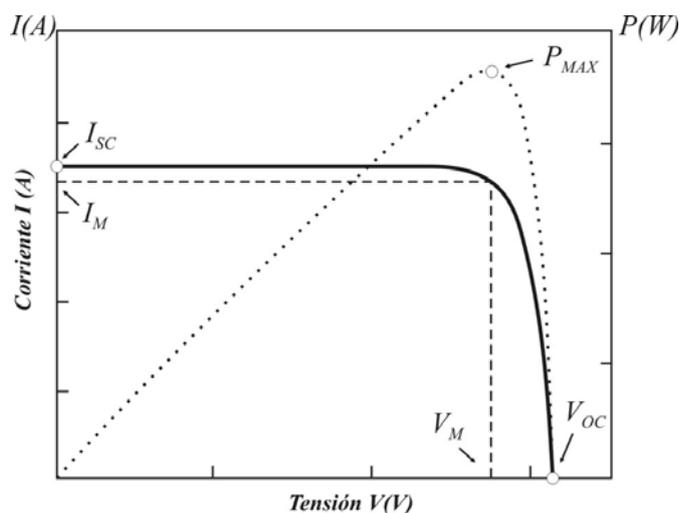


Figura 2.7 Curva característica de una celda fotovoltaica

La máxima potencia eléctrica que se puede extraer de la celda, se produce al maximizar el producto

I por V. En buenas celdas se tiene que los valores de I y V se encuentran en el punto de potencia máxima, toman valores I_M y V_M por consiguiente la potencia máxima entregada a la carga es: $P_{MAX} = I_M V_M$ que viene representada por el área del rectángulo formado por las líneas punteadas de la figura 2.7. La curva de potencia muestra que el valor máximo está por encima del “codo” de la curva I-V. Además:

$$I_{SC} = \text{Corriente en corto circuito}, \quad V_{OC} = \text{Voltaje en circuito abierto}$$

V_{OC} aumenta poco con la radiación, siendo de 0,55 a 0,60 V para niveles de radiación típicos.

El cociente $(I_M V_M / I_{SC} V_{OC})$ se llama **factor de relleno** y es de 0,70 y 0,80 en celdas comerciales. Para poder extraer la máxima potencia, se debe conectar a la celda fotovoltaica una carga “adaptada” igual a $R_L = V_M / I_M$ (ohm).

La potencia pico, expresada en **Wp** (watt pico), se define normalmente como la potencia máxima que da una celda (o panel) FV si incide una radiación solar de $1,000 W/m^2$ y la celda está a $25^\circ C$ de temperatura.

Tómese como ejemplo lo siguiente: Una celda de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ tiene una potencia de 1,0 - 1,5Wp (con $V_M = 0,5V$ y $I_M = 2 - 3A$), corresponde a una eficiencia de 10 - 15%; es decir de 10 a 15% de la **energía solar** incidente puede ser extraída como **energía eléctrica**.

Por lo tanto, con un panel FV de 50 Wp, de cada 1,000 W de radiación solar, se pueden extraer 50 W eléctricos. Al factor 1 000 Wh ó 1 000 vatios hora, se le suele denominar como “horas sol pico”¹⁸.

¹⁸ Eduardo Lorenzo.- Electricidad Solar, Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos.- 1994

La temperatura tiene una influencia importante, pues al aumentar la temperatura se incrementa ligeramente la corriente, disminuyendo la tensión, teniendo como resultado final la disminución de la potencia de 0,3 a 0,5% por cada °C. Al aumentar la irradiancia aumenta la corriente mientras el voltaje lo hace ligeramente.

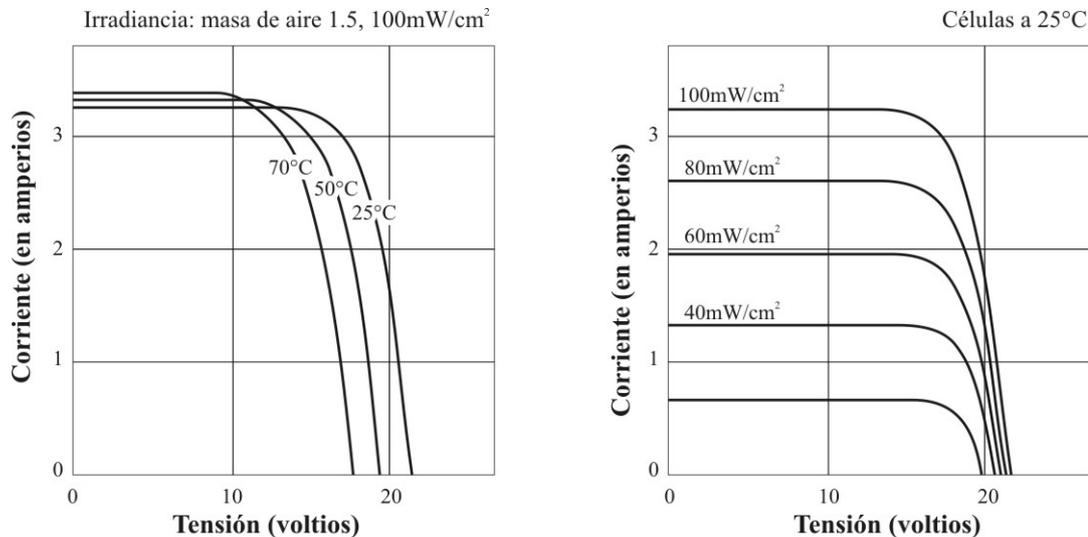


Figura 2.8 Influencia de la temperatura en SFV

La figura 2.8 muestra esta variación del voltaje para diferentes temperaturas y de la corriente para diversos valores de irradiancia.

2.3. El sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico para generación de electricidad tiene los siguientes componentes:

2.3.1 Módulo fotovoltaico. Es el elemento básico para la construcción de los generadores fotovoltaicos. Está formado por la unión eléctrica de varias celdas de silicio o galio que generan un voltaje y corriente (continua) requeridos por la carga.

En la foto 2.1 se puede apreciar el modelo de los paneles solares.



Foto 2.1 Paneles fotovoltaicos

Este módulo proporciona los niveles de voltaje adecuados a cada aplicación, protege a las células frente a las agresiones de los agentes del clima, las aísla eléctricamente del exterior y por último da rigidez mecánica al conjunto.

En general, un panel podría estar compuesto de uno o más grupos de celdas conectadas en serie o paralelo. Típicamente se conectan 36 a 40 celdas en serie para obtener un voltaje apropiado y una corriente para cargar baterías de 12V. Usualmente se caracterizan por la potencia eléctrica que suministran con una carga optimizada, esta potencia depende de la irradiancia, la temperatura, etc.

La eficiencia media de un panel suele variar entre los valores de 10 a 12%, referidos al área neta de las células. Todo panel tiene su curva característica I-V, como se representa en la figura 2.7. Los paneles pueden conectarse en serie o paralelo según las necesidades.

La cantidad máxima (ideal) de energía que se puede esperar de un panel fotovoltaico, puede estimarse a partir de la potencia pico en Watt del mismo y del total diario de horas de incidencia de la energía solar. Multiplicando estas dos cantidades entre sí se obtiene el total de energía diaria en Wh.

El tiempo de vida útil de los paneles en condiciones normales de operación, aseguran los expertos, es alrededor de los 20 años.

2.3.2 Condiciones estándares

El comportamiento eléctrico de un módulo fotovoltaico (característica I-V), bajo determinadas condiciones de iluminación y temperatura, pueden obtenerse a partir de la información que proporciona el fabricante, y está constituida de varios parámetros de uso universal y definidos como sigue:

Irradiancia: 100 mV/cm² ó 1000 W/m²

Distribución espectral (a nivel mar, absorción atmosférica AM -1,5)

Incidencia normal

Temperatura de la célula: 25°C

También es importante la orientación del panel, lo normal es ubicarlo fijo e inclinado hacia el norte en un ángulo igual al ángulo de latitud del lugar.

2.3.3 La batería

La generación fotovoltaica se realiza durante las horas de sol, y se almacena en un acumulador o batería que suministre energía a los equipos o cargas de uso cuando lo demanden, especialmente en horas de la noche.

Existen varios tipos de baterías que pueden servir para estos fines. Comúnmente se emplean baterías plomo-ácido.



Foto 2.2 Batería 12 V_{DC}

El voltaje de la batería determina el voltaje del sistema.

Las baterías se clasifican en primarias y secundarias. Las primarias están diseñadas para usarse sólo una vez, puesto que se consumen los reactantes químicos que la constituyen durante su descarga.

Las secundarias son diseñadas para poder ser recargadas y usadas muchas veces. Se aplica energía eléctrica a sus terminales y se invierte la reacción electroquímica, almacenando energía como potencial químico. La foto 2.2 muestra la batería de ciclo profundo de 12 V_{DC}

La capacidad de una batería se expresa en Ampere-horas (Ah). Esta es la corriente de descarga que se puede obtener durante un intervalo de tiempo hasta que el voltaje baje a un valor mínimo. La vida útil de una batería oscila entre 5 a 10 años con un buen sistema de regulación de carga y descarga.

En cambio, el funcionamiento de una pila se basa en el potencial de contacto entre dos sustancias mediadas por un electrolito¹⁹.

2.3.4 Reguladores de carga

Son dispositivos electrónicos que preservan la vida de las baterías, evitan las sobrecargas (gasificación) y sobredescargas (cruce de celdas). Protegen a las cargas y al sistema en general de cortocircuitos. Debe ofrecer la posibilidad de manipular el estado del sistema mediante indicadores de corriente, mostrando el estado de carga de la batería, con un bajo consumo propio, entre otros.

En el mercado se pueden encontrar una diversidad de modelos, clasificados por la corriente que controlan (8, 10, 20, 30 A). En la foto 2.3 se muestra un regulador de carga para 12/24V a 16A.

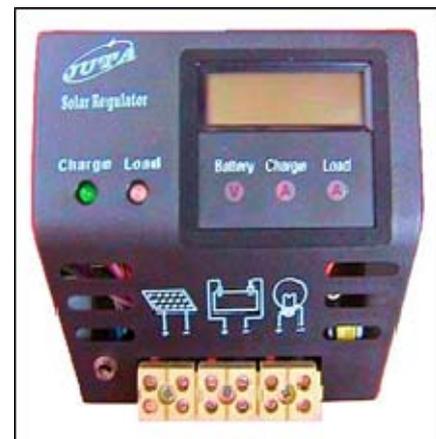


Foto 2.3 Controlador de carga para 12/24 V a 16A

Un regulador controla los siguientes puntos:

Desconexión de módulo (V)	: 13,90 a 14,60
Reconexión de módulo (V)	: 12,60 a 13,50
Desconexión de carga (V)	: 11,45 a 11,90
Reconexión de carga (V)	: 13,20 a 13,60

2.3.5 Inversores DC-AC

Un sistema fotovoltaico genera corriente continua (12, 24, 48V_{DC}), pero muchos equipos requieren corriente alterna (CA, 220V, 60hz), es por ello que se emplean inversores que son unos dispositivos electrónicos que convierten la tensión continua de entrada (12V, 24V) en tensión alterna. También se emplean conversores DC/DC, para acoplar diferentes voltajes DC. En la foto 2.4 se muestra un inversor.



Foto 2.4 Inversor

¹⁹ Francis W. Sears, *Electricidad y magnetismo*, Editorial Aguilar, Madrid (España), 1958, pp. 142-155.

2.3.6 Cargas

Son todos los dispositivos, lámparas, radios, TV y otros, que consumen energía eléctrica (DC o AC). Estos equipos deben ser de alta eficiencia y bajo consumo de energía.

2.4 Aplicaciones de la energía solar en áreas rurales²⁰

2.4.1 Sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD)

Esta es la aplicación más difundida a nivel mundial, se trata de sistemas FV domésticos de uso individual (familiar), constituido por uno o dos paneles, una batería, un regulador de carga, unos cuantos puntos de luz y una toma de corriente para radio y/o televisión blanco y negro. Todo el sistema funciona a 12 V_{DC}. La potencia de los paneles va desde los 2 Wp hasta 50 Wp. En la figura 2.9 se ilustra un esquema típico de SFV de uso doméstico.

2.4.2 Sistemas fotovoltaicos de uso comunal

Estos sistemas ofrecen electricidad las viviendas y calles públicas del área rural que no necesariamente están interconectadas a la red eléctrica que satisfacen como bajo consumo a las demandas de antenas parabólicas, televisión, radio, internet, entre otros. Para ello se emplean un conjunto de paneles conectados en serie, controladores de carga, un banco de baterías e inversores.

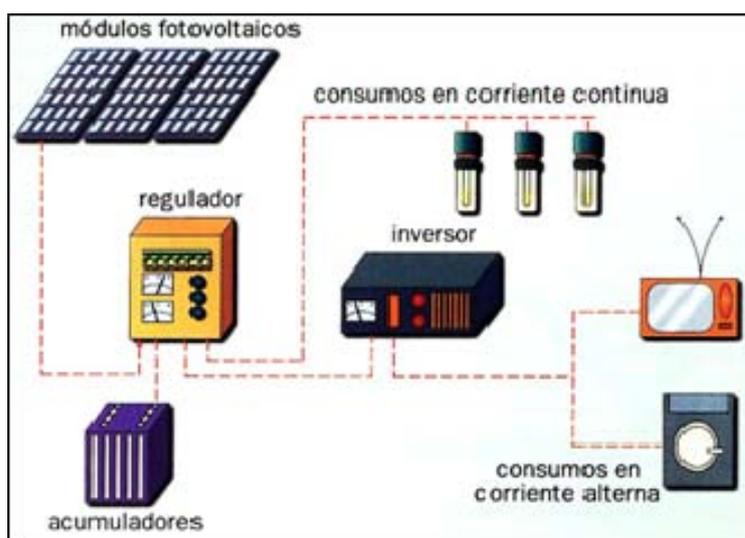


Figura 2.9 Esquema de un típico SFV de uso doméstico

Opcionalmente este sistema comunitario puede ser utilizado para recargar las baterías de los diferentes miembros de la comunidad.

2.4.3 Sistema fotovoltaico de bombeo de agua

Las necesidades de agua en el medio rural pueden dividirse en tres grandes grupos: agua para consumo humano, agua para consumo animal y agua para riego. Es por ello que se deberá evaluar las demandas de agua, los sistemas de almacenamiento y distribución.

²⁰ Sistemas Fotovoltaicos para la Electrificación Rural-PROPER, Bolivia 1995.

La energía solar FV, es una opción para el bombeo de agua por las ventajas de un mantenimiento mínimo, poca necesidad de combustible, elevado tiempo, confiabilidad. La desventaja es que su inversión puede ser alta, fuera del alcance económico del medio rural y dependiente de las condiciones climáticas.

La configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico es similar a cualquier otro sistema de bombeo convencional y está compuesto por:

- Conjunto de paneles solares
- Motor eléctrico
- Sistema de control de energía
- Bomba de succión y/o impulsor de agua
- Baterías de almacenamiento

Tienen la ventaja de poder funcionar con bajos niveles de radiación debido a que la energía para el funcionamiento de la bomba se extrae del banco de baterías.

Los sistemas sin batería de almacenamiento tienen una gran ventaja, su simplicidad, es por ello que los gastos de mantenimiento son mínimos.

Las baterías pueden ser reemplazadas por un tanque de almacenamiento que, en vez de energía eléctrica, acumule agua en forma de energía potencial.

El diseño de este sistema requiere una serie de consideraciones tecnológicas previas que deben tomarse en cuenta al momento del dimensionamiento e instalación.

2.4.4 Sistemas FV de apoyo a la educación rural

- Pequeños sistemas para alimentación de radios, para que la población participe de las noticias y educación a distancia, poco comunes en áreas rurales.
- Sistemas audiovisuales: radio-grabador, TV y videos educativos.
- Iluminación nocturna de las aulas para la educación de personas adultas.
- Iluminación de la vivienda de los profesores.

2.4.5 Sistema FV para postas de Salud

Para satisfacer demandas de energía por concepto de refrigeración, iluminación, esterilización, agua, radio comunicación, etc.

2.5 Otras aplicaciones productivas en áreas rurales

- Procesadoras de café, para despulpar los granos recién cosechados.
 - Refrigeración, para la conservación de productos perecibles.
 - Ordeñado de hato lechero.
 - Crianza de aves.
 - Estanques para la crianza de peces.
 - Cercos eléctricos para el ganado.
 - Talleres de hilado, tejido.
 - Telecomunicaciones.
-

2.6 Iluminación pública²¹

Los sistemas fotovoltaicos, pueden emplearse para generar electricidad e iluminar calles y plazas públicas de una comunidad o asentamiento humano. Existen equipos destinados a este fin que constan básicamente de uno o más paneles FV, baterías, reguladores de carga con funciones ampliadas para el encendido y apagado, el poste que normalmente lleva el soporte para el panel en la parte superior y una lámpara de alta eficiencia.

En el diseño de estos sistemas un elemento importante a considerar son las características de las lámparas, para que en función de este elemento se dimensione el panel que proporcionará la energía para su funcionamiento.

Según la norma técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” (Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad. 2002), en el título tercero “Estándares de calidad de alumbrado”, toda instalación de alumbrado público debe cumplir, como mínimo, con el alumbrado para tráfico motorizado, tráfico peatonal y áreas públicas de recreación. Todo esto implica el control de la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos, la fiscalización de parte de las autoridades y la atención de reclamos que pudieran realizar los usuarios.

Para las nuevas instalaciones, así como para su diseño de iluminación, se consideran en la superficie de la vía, los niveles de luminancia, iluminancia e índices de control de deslumbramiento establecidos en el cuadro 2.5, de acuerdo al tipo de alumbrado que corresponde a la vía.

La identificación de los tipos de calzada se realizará de acuerdo la siguiente tabla:

Tipo de superficie	Tipo de calzada
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura
Superficies de tierra	Claros

Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco (cd/m ²)	Iluminación media (lux)		Índice de control de deslumbramiento (G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 - 2,0	15 - 20	30 - 40	≥ 6
II	1,0 - 2,0	10 - 20	20 - 40	5 - 6
III	0,5 - 1,0	5 - 10	10 - 20	5 - 6
IV	-	2 - 5	5 - 10	4 - 5
V	-	1 - 3	2 - 6	4 - 5

Cuadro 2.5 Niveles de iluminación según tipos de alumbrado²⁰.

²¹ Norma técnica. dirección general de electricidad – 2002. DGE. “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución”, Ministerio de Energía y Minas.

2.7 Alumbrado en zonas urbano-rurales y rurales

La distribución de los puntos de iluminación se realizará de acuerdo a las características de las zonas a iluminar según el siguiente orden de prioridad:

1. Plazas principales o centro comunal de la localidad.
2. Vías públicas en el perímetro de las plazas principales.
3. Vías públicas importantes.
4. Áreas restantes de la localidad.

Las lámparas utilizadas en estas zonas no deben tener un flujo luminoso menor de 3 400 lúmenes por unidad de alumbrado público.

2.8 Alumbrado de zonas especiales²²

2.8.1 Servicio para peatones

Para lograr una clara distinción de los peatones en paso, se debe prestar atención especial a la formación de contrastes.

Las vías públicas que conforman el perímetro de una plaza, parque y plazoleta deben tener un nivel de iluminación equivalente al de la calle de mayor iluminación. En casos especiales, el concesionario podrá sustentar ante la autoridad correspondiente los niveles de iluminación de cada vía que circunda la plaza, parque y plazoleta, que considere conveniente.

En el interior de las plazas, parques y plazuelas, el concesionario está obligado a instalar unidades de alumbrado en razón de 0,13 W/m² como mínimo. En el caso de que, a la fecha de publicación de la norma, existan unidades de alumbrado al interior de una plaza, parque o plazoleta, que en su conjunto superen el valor mínimo de W/m² establecido por esta norma, deberá mantenerse y no ser sujeto de reducción.

Para efectos de la norma, el término plaza, parque y plazoleta engloba toda área de carácter no privado, a la que cualquier persona tiene acceso irrestricto las veinticuatro horas del día durante todo el año. Salvo el caso en que por razones de seguridad y conservación de las instalaciones mobiliarias y jardines, exista la necesidad imperiosa de prohibir el ingreso a través de un control de guardianía o un sistema mecánico de seguridad en un determinado periodo del día. Este término no comprende campos deportivos.

2.9 Sobre el tiempo de servicio de alumbrado

El alumbrado público se debe activar cuando el nivel promedio de iluminancia de luz natural sea, como máximo, 10 lux en la superficie de la vía y salir del servicio cuando dicho nivel sea, como mínimo, de 30 lux.

²² FUENTE: Normas Técnicas de la Dirección General de Electricidad-2002.

Las luminarias utilizadas en el tramo de una vía deben ser preferentemente de las mismas características y tecnología para mantener uniformidad y estética.

2.10 Lámparas usadas con sistemas fotovoltaicos

Las lámparas usadas con SFV deben cumplir, además de las especificaciones técnicas señaladas en la norma técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas”, los siguientes requisitos:

- Bajo consumo de energía
- Buena intensidad luminosa

Ambas características pueden ser agrupadas en una sola como eficiencia luminosa, que es la relación entre la intensidad luminosa (en lumen) y la potencia que requiere para producirla. En el mercado existen una variedad de luminarias para aplicaciones fotovoltaicas, pudiendo ser la lámpara de sodio de baja presión (LPS) o fluorescente (FL). La lámpara LPS es monocromática (amarillo-naranja) y ofrece el mayor número posible de lúmenes por watt. La lámpara compacta fluorescente produce menos lúmenes, pero expone luz blanca (4 100 °K) que parece más brillante que las LPS y debe usarse en áreas donde se desea alta reproducción del color. En el cuadro 2.6 se muestran las características de las principales fuentes luminosas

Principales fuentes luminosas para áreas rurales²³

Tipo de iluminación	Intensidad luminosa (Lumen)	Eficiencia luminosa
Vela	1	0,01
Lámpara a kerosén	10	0,10
Lámpara a gas	800	1,00
Lámpara incandescente 3 W	10	3,00
Lámpara incandescente 40 W	400	10,00
Lámpara fluorescente 15 W	600	40,00
Lámpara fluorescente 20 W	1,000	50,00
Lámpara fluorescente de 36 W	2,900	80,60
Lámpara LPS 35 W	4,800	137,00
Lámpara fluorescente de 72 W	5,800	80,60
Lámpara LPS 55 W	8,000	145,00

Cuadro 2.6 Principales fuentes luminosas para áreas rurales

²³ FUENTE: Sistemas Fotovoltaicos para la electrificación rural.-PROPER-Bolivia 1995

CAPÍTULO III

3. Sistema fotovoltaico típico y su aplicación en zonas rurales

3.1 Información básica para su dimensionamiento

En el Capítulo II se han presentado una serie de datos técnicos útiles para el diseño y dimensionamiento de los postes de iluminación pública, para la plaza de Llauta. En el cuadro 3.1 se muestra, en resumen, la información técnica básica para el dimensionamiento del SFV.

Irradiación más baja (promedio diario-mes de julio)	4,5 kWh/m ²
Irradiación más alta (promedio diario-mes de noviembre)	7,0 kWh/m ²
Longitud del día para el mes de julio	11,4 h
Hora de salida y puesta del sol para el mes de julio (Cuadro 2.3)	6:25 h y 17:47 h
Hora de salida y puesta del sol, 21 Julio (Ref. trayectorias Sol Cusco)	6:30 h y 17:30 h
Temperatura media anual (Llauta)	13 °C
Tipo de alumbrado III (Norma técnica)	
Luminancia media	0,5 - 1,0 cd/m ²

Iluminación media (calzada clara)	5 - 10 lux
Lámparas con flujo luminoso (no menor) por unidad de alumbrado público.	3 400 lúmenes
Tiempo de servicio	Encendido 10 lux luz natural
	Apagado 30 lux (luz natural)

Cuadro 3.1 Información técnica básica de apoyo para un SFV

3.1.1 Características de los paneles en estudio

En el mercado existe variedad de módulos fotovoltaicos, de ellos se ha seleccionado los módulos solares Sun Wize (Solisto). Cada módulo contiene 36 celdas solares conectadas en serie. Estos módulos solares se fabrican de acuerdo a los estándares ISO 9002 y certificación ISPRA de IEC 61215. En el cuadro 3.2 se muestran las características de los paneles fotovoltaicos seleccionados.

La superficie de vidrio es resistente al impacto y permite una máxima transmisión de luz. Las celdas son de silicio monocristalino encapsulado, unidas al vidrio por medio de capas de acetato vinil etileno (EVA), y están laminadas con un respaldo de polivinilo fluoruro Tedlar® para una vida larga en condiciones ambientales severas. Una caja de uniones resistentes permite todos los métodos de alambrado. Marcos tubulares de aluminio anodizado le dan fortaleza y estructura al sistema. La vida útil promedio es de 25 años.

Tensión de trabajo $12 V_{DC}$.

Características de los paneles fotovoltaicos seleccionados

Modelo	Potencia Nominal (Wp)	Voltaje Nominal V_{mp} (V)	Corriente Nominal I_{mp} (A)	Voltaje circuito abierto V_{oc} (V)	Corriente de corto-circuito I_{sc} (A)	Tamaños (cm)	Peso/Unidad (Kg)
SW50C	50	16,4	3,05	21,0	3,40	100 x 50	6,2
SW85C	85	16,7	4,88	21,4	5,70	145 x 70	10,4
SW90C	90	17,4	5,17	21,4	5,90	145 x 60	10,4
SW100C	100	16,7	6,00	21,0	6,70	145 x 65	11,8
SW120C	120	16,7	7,18	21,0	8,00	145 x 65	11,8

FUENTE: (www.solisto.com) Sistemas Electro-Solares Industriales

Cuadro 3.2 Características de paneles FV seleccionados

3.1.2 Controladores de carga

En el mercado existen una variedad de marcas y modelos, una de las más utilizadas es Steca, cuyas características principales son: a) Ajuste automático para sistemas de 12V_{DC} y 24 V_{DC}; b) Igualación automática de baterías, que se pueden deshabilitar cuando se usan baterías de gel o plomo-ácido tipo EFV; c) Protección contra sobrecalentamientos y sobrevoltajes de las baterías; d) Sobrecorriente de módulo y sobrecorriente de cargas; e) Aviso y desconexión por bajo voltaje; f) Pantalla LCD con luces indicadoras en tres colores; y g) Temperatura de operación en el rango desde -25°C a + 50°C. En el cuadro 3.3 se muestran las características de distintos modelos de reguladores de carta Steca.

Modelo	Voltaje (V _{DC})	Corriente nominal de FV (A)	Corriente nominal de carga (A)	Dimensiones (cm)	Peso (gr)
Alpha (α)	12/24	8	8	18,8x10,2x4,9	450
Gamma (γ)	12/24	12	12	18,8x10,2x4,9	450
Sigma (ζ)	12/24	20	20	18,8x10,2x4,9	450
Omega (Ω)	12/24	30	30	18,8x10,2x4,9	450
PR1010 c/pantalla LCD	12/24	10	10	18,8x10,2x4,9	450
PR1515 c/pantalla LCD	12/24	15	15	18,8x10,2x4,9	450
PR2020 c/pantalla LCD	12/24	20	20	18,8x10,2x4,9	450

FUENTE: Sistemas Electro Solares Industriales

Cuadro 3.3 Características de los reguladores de carga

3.1.3 Baterías fotovoltaicas

Solisto (soluciones energéticas fotovoltaicas), ofrece una amplia gama de baterías para ser empleadas en pequeños y medianos SFV.

Las baterías de la serie MK, reguladas por válvulas y electrolito gelatinoso, están diseñadas para dar energía confiable y con un mínimo mantenimiento a aplicaciones de energías renovables. Vienen selladas, eliminando el riesgo de derrame y eliminación de vapores corrosivos de ácido o pérdidas de electrolito, no se estratifica, por lo tanto no son necesarias las recargas de igualación. Las características de los distintos modelos seleccionados se especifican en el cuadro 3.4 siguiente.

Modelo	Voltaje (V)	Capacidad a 100 h	Tamaño borne (pulg)	Dimensiones (cm)	Peso (kg)
8G27	12	99 Ah	5/16" poste	32x17x25	26,0
8G31	12	112 Ah	3/8"	33x17x24	33,6
8GGC2	12	198 Ah	11/32"	26x18x28	30,9
8G4D	12	210 Ah	3/8"	53x22x26	59,5

FUENTE: Sistemas Electro-Solares Industriales (www.solisto.com)

Cuadro 3.4 Características de las baterías

3.1.4 Características de las lámparas de iluminación

La iluminación deficiente ocasiona fatiga visual, perjudica el sistema nervioso, hace deficiente la calidad de trabajo y es responsable también de una buena parte de los accidentes de trabajo. Para determinar que lámparas deben emplearse en los postes de iluminación, se ha consultado a diferentes empresas sobre las características de los diferentes modelos, seleccionándose dos cuyas características son las que siguen:

Características de las lámparas seleccionadas²⁴

Lámpara	Flujo lumen	Intensidad cd (*)	Luminancia cd/m ² (*)	Iluminación lux (*)	Altura poste (m)	Área de cobertura (m)
LPS 35 W	4 800	382	1,69	10,60	7	15 x 15
Fluorescente FL 2 x 36 W	5 800	460	2,04	12,80	7	15 x 15

(*) Valores aproximados considerando la intensidad a una distancia de 6 m -superficie perpendicular
FUENTE: Sistemas electro solares industriales (www.solisto.com)

Cuadro 3.5 Características de las lámparas.

3.2 Cálculos de las cargas de corriente continua (DC)

Se va a calcular las cargas para dos tipos de lámparas (que se adecúan a los requerimientos de iluminación)²⁵.

En cuadro 3.6 se especifican las cargas de las lámparas y la energía requerida.

Lámpara	Potencia (W) (cuadro 2.6)	Tiempo de uso día(h)	Wh/día	Días por Semana	Wh / semana
LPS	35	10	350	7	2 450
Fluorescente FL	72	10	720	7	5 040

Cuadro 3.6 Carga de las lámparas

²⁴ Juan Guash Farrás. Enciclopedia OIT de salud y seguridad en el trabajo. iluminación. junio.

²⁵ Metodología para determinar el Sistema fotovoltaico -**PROPER-Bolivia 1995**.

3.3 Determinación del tamaño del sistema generador

Del cuadro 3.6 se tiene la energía media diaria requerida:

$$\begin{aligned} \text{LPS 35 W} & : 350 \text{ Wh/día} = 0,35 \text{ kWh/día} \\ \text{FL 72 W} & : 720 \text{ Wh/día} = 0,72 \text{ kWh/día} \end{aligned}$$

Debemos multiplicar el valor anterior por 1,25 para compensar las pérdidas debidas al proceso de carga y descarga de la batería:

$$\begin{aligned} \text{LPS35W: Wh/día comp.} & = \text{Wh/día} \times 1,25 = 350 \text{ Wh/día} \times 1,25 = 437,5 \text{ Wh/día} \\ \text{FL 72 W: Wh/día comp.} & = \text{Wh/día} \times 1,25 = 720 \text{ Wh/día} \times 1,25 = 900,0 \text{ Wh/día} \end{aligned}$$

De los datos técnicos dados en el cuadro 3.1, se elige el valor correspondiente al mes de irradiación más baja (promedio diario mes de julio) = 4,5 kWh/m²día. Este valor equivale a 4,5 horas de sol con una irradiación de 1,0 kWh/m²día.

Para obtener la cantidad de energía o potencia requerida:

Potencia requerida (W) = Wh/día comp./horas sol:

$$\begin{aligned} \text{LPS35 W} & : 437,5 \text{ Wh/día}/4,5 \text{ h} = 97,2 \text{ W} \\ \text{FL 72 W} & : 900,0 \text{ Wh/día}/4,5 \text{ h} = 200,0 \text{ W} \end{aligned}$$

Para el cálculo del número de paneles, es necesario tomar los datos de potencia pico nominal (Wp) según los paneles seleccionados los mismos que se indican en el cuadro 3.2.

Lámpara	Potencia requerida (W)	Modelo/potencia nominal (Wp)		Número de Paneles
	(1)	(2)		(1)/(2)
LPS 35W	97,2	SW50 C	50	2
		SW100 C	100	1
Fluorescente FL72W	200,0	SW50 C	50	4
		SW100 C	100	2

Cuadro 3.7 Tamaño del sistema generador. El número de paneles es redondeado al inmediato superior

3.4 Determinación de la capacidad de acumulación de la batería

La energía media diaria requerida para cada lámpara es:

$$\begin{aligned} \text{LPS35 W} & : 437,5 \text{ Wh/día} \\ \text{FL 72 W} & : 900,0 \text{ Wh/día} \end{aligned}$$

Un factor importante para la determinación de la capacidad de la batería, es la cantidad de días nublados, también denominado días de autonomía, este valor varía entre 3 y 10 días (días nublados). Para efectos del cálculo consideraremos el factor 3.

Capacidad de la batería (Wh):

$$\begin{aligned} \text{LPS35W} & : 437,5 \text{ Wh/día} \times 3 \text{ días de autonomía} = 1\,313 \text{ (Wh)} \\ \text{FL 72 W} & : 900,0 \text{ Wh/día} \times 3 \text{ días de autonomía} = 2\,700 \text{ (Wh)} \end{aligned}$$

Las baterías pueden descargarse hasta cierto límite, dependiendo del modelo de las mismas. En el caso de las baterías seleccionadas (Cuadro 3.4), este factor alcanza hasta un $75\% = 0,75$ con un regulador de mejor calidad.

Lámpara	Capacidad de batería (Wh) (1)	Profundidad de descarga (factor) (2)	Capacidad real (Wh) (1)/(2)=(3)	Factor corrección (4)*	Capacidad requerida (Wh) (3)x(4)=(5)
LPS 35W	1 313	0,75	1 750	1,15	2 013
FL72W	2 700	0,75	3 600	1,15	4 140

* La temperatura disminuye la calidad de la batería. Para una temperatura media anual de 13°C (en Llauta), el factor de corrección es 1,15 (15% plus).

Cuadro 3.8 Capacidad de acumulación de las baterías

Comercialmente la capacidad de las baterías está dada en Ah (Ampere hora); se calcula este dato a partir del voltaje de 12V seleccionado según cuadro 3.4.

Lámpara	Capacidad requerida (Wh) (1)	Tensión del sistema (V) (2)	Capacidad de la batería en Ah (1) / (2) = (3)	Capacidad nominal batería Mod/Ah (4)	Número de baterías (3) / (4) = (5)
LPS 35W	2 013	12	168	8G27/99	2
				8GGC2/198	1
FL72W	4 140	12	345	8G27/99	4
				8GGC2/198	2

Cuadro 3.9 Número de baterías para el proyecto

3.5 Determinación del regulador de carga

El dimensionamiento del regulador se debe tomar en cuenta, por un factor de seguridad respecto a la potencia total de los paneles calculados. Se puede asumir un factor de seguridad del $10\% = 0,10$. Así mismo, se pueden considerar las características de los reguladores Steca del cuadro 3.2 modelos SW50 y SW100.

Lámpara	Modelo/potencia nominal (Wp) (1)	Número paneles (2)	Factor de seguridad (FS) 10 % (3)	I (máx) Panel (A) cuadro 3.2 (4)	I (máx) Arreglo FV paralelo (A) (2)x(4)=(5)	I (máx) Regulador (A) (*) (6)	N° Reguladores (7)
LPS 35W	SW50C / 50	2	0,10	3,05	6,10	$\alpha / 8$	1
	SW100 C/ 100	1	0,10	6,00	6,00	$\alpha / 8$	1
FL72W	SW50C / 50	4	0,10	3,05	12,20	$\zeta / 20$	1
	SW100 C/ 100	2	0,10	6,00	12,00	$\zeta / 20$	1

(*) Valores obtenidos del cuadro 3.3, donde I(máx) del regulador está dado en A. Modelos alpha y sigma.

Cuadro: 3.10 Determinación del regulador de la carga

La cantidad de reguladores (columna 7) se obtienen aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{Número de reguladores} = \left[N^{\circ} \text{ paneles} \times I_{\text{máx(panel)}} \times (1 + \text{FS}/100) \right] / I_{\text{máx(regulador)}}$$

3.6 Dimensionamiento de los conductores

L = longitud del conductor = 8 m (del panel al regulador y baterías, 16 m total)

I = Corriente eléctrica a transportar: para LPS 35 W = 6 A

para FL72 W = 12 A

ΔV = Caída de tensión promedio: (5% de 12 V) = 0,6 V_{DC}

ρ = Resistividad del cobre: $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

Sección del conductor en (mm²): $2 \rho L I / \Delta V$

Con esta última relación se obtienen los siguientes valores:

Lámpara	I (A)	ΔV (V)	Sección (mm ²)	Sección AWG
LPS 35W	6	0,6	2,72	12
FL72W	12	0,6	5,44	10

3.7 Componentes adicionales de los postes de iluminación pública

3.7.1 Balastos DC

Para el arranque y funcionamiento de las lámparas, es necesario conectar cada una de ellas a un balastro de 12 V_{DC}, este dispositivo toma la energía eléctrica de la batería a través del regulador y activa el funcionamiento de la lámpara. Existen en el mercado balastos para lámparas de sodio de baja presión como el modelo DCB-SOX35 utilizado en lámparas de sodio de 35 W, 12 V_{DC} y 3 A, con fluorescentes de 36 W. El peso aproximado de estos dispositivos es de 500 gr.

3.7.2 Temporizador electrónico e interruptor crepuscular

Estos dispositivos permiten programar electrónicamente el encendido y apagado automático de las lámparas, en función de la iluminación natural y horario de trabajo entre la media hora de la mañana hasta las 12 horas.

3.7.3 Accesorios

- Un poste de fierro galvanizado de 3 a 4 pulgadas de diámetro por 6 a 7 metros de longitud, con anclajes en la base y montaje en la parte superior para la instalación del arreglo fotovoltaico.
- Un pastoral soporte para la luminaria.
- Una luminaria, que incluye los *sockettes* para las lámparas de sodio o compactas fluorescentes. Este componente es un gabinete metálico de aluminio, con una superficie reflectora interior que focaliza la iluminación en las áreas requeridas.
- Gabinete metálico para la instalación del balastro electrónico de 12V_{DC}, regulador de carga y temporizador.

- Gabinete metálico para la instalación del banco de baterías, colocado al pie del poste con sistema de ventilación.
- Cables eléctricos.

3.7.4 Componentes del sistema de iluminación pública para Llauta

Componentes	Alternativa 1 LPS 35 W (Número)	Alternativa 2 FL 36 w (Número)	Alternativa 3 FL 72 W (Número)	Configuración (Características)
Luminaria	1	1	2	
Panel fotovoltaico: SW50C / 50 W	2	2	4	Conexión paralela 12 V _{DC}
SW100 C/ 100 W	1	1	2	
Banco baterías: 8G27 / 99 Ah	2	2	4	Conexión paralela 12 V _{DC}
8GGC2/ 198 Ah	1	1	2	
Regulador de carga: I máx. : 8 A I máx. : 20 A	1	1	1	Instalación en gabinete especial (tablero de control)
Balastro 12V _{DC}	1	1	2	Uno para c/lámpara
Temporizador electrónico	1	1	1	Actúa en función de la iluminación natural
Poste de iluminación: Largo 7 m	1	1	1	Anclaje en base y accesorio de montaje paneles
Pastoral soporte de luminaria	1	1	1	Accesorio sujeción de luminaria con gabinete reflector
Porta luminaria	1	1	1	Con sockette, superficie reflectora
Gabinete metálico (para tablero control)	1	1	1	Instalación de regulador, balastro y temporizador
Gabinete metálico para baterías	1	1	1	Protección de lluvias, insectos y otros elementos extraños
Cables de conexión de dos colores : rojo (+), azul o negro (-)	16 m	16 m	16 m	Longitud total
Accesorios para puesta a tierra	1	1	1	Protección contra descargas de rayos

Cuadro 3.11 Componentes del sistema de iluminación

Precisamente, el gráfico 3.1 ilustra el esquema general de cada poste solar a instalarse y en la figura 3.1 se trata de representar el diseño con la disposición de sus componentes de cada uno de ellos.

Esquema general de la instalación del poste solar para la plaza pública de Llauta

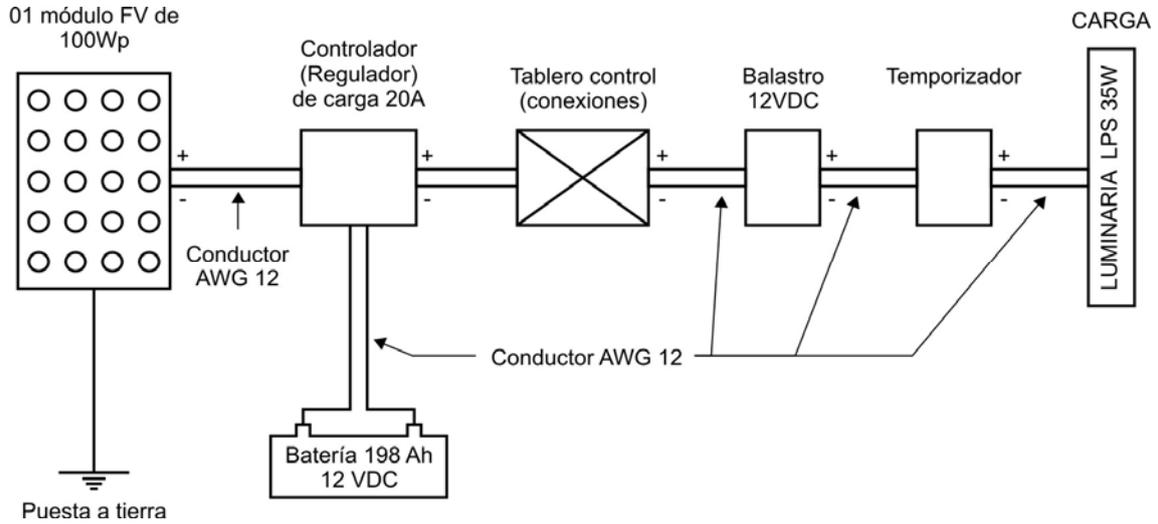


Gráfico 3.1 Esquema general del modelo escogido

Componentes instalados en cada poste solar para el alumbrado público de la plaza de Llauta

(PILOTO)

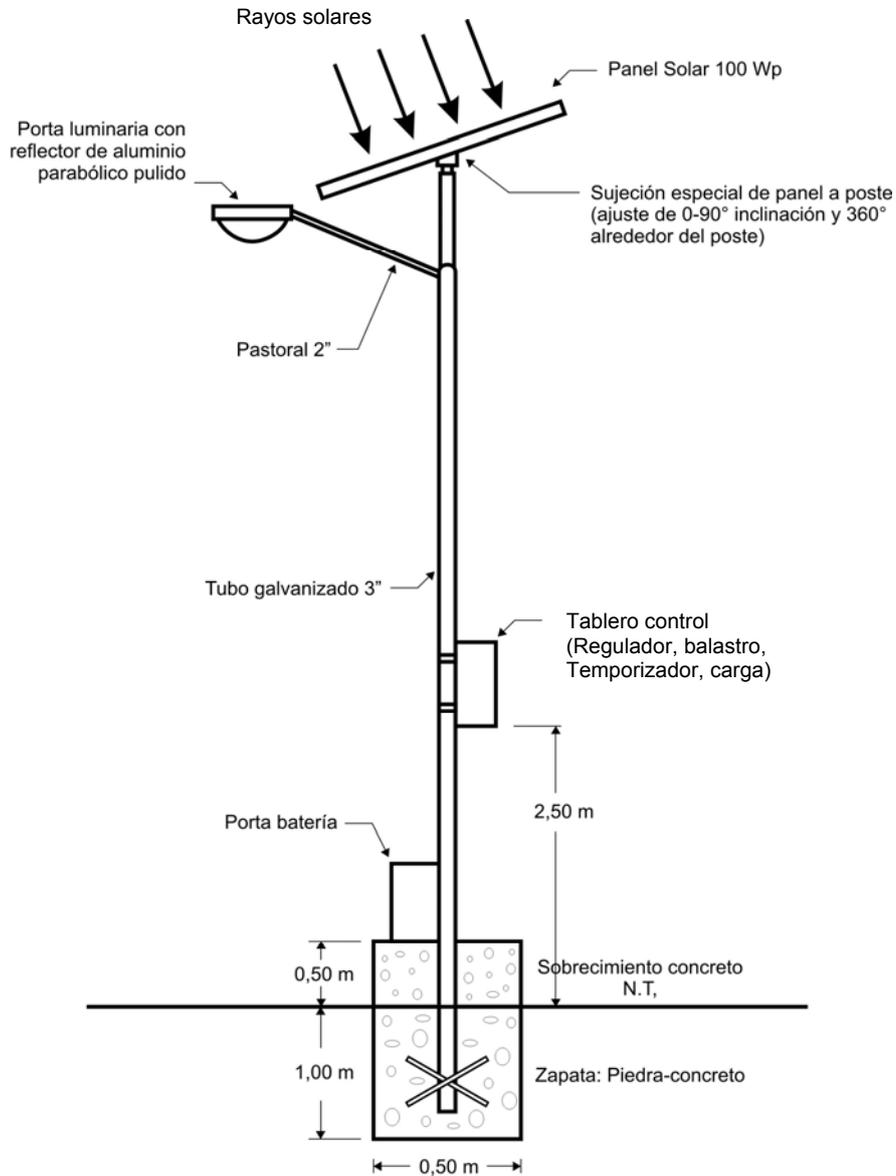


Figura 3.1 Diseño de un poste solar público para la plaza principal del pueblo de Llauta en la provincia de Lucanas, Región Ayacucho

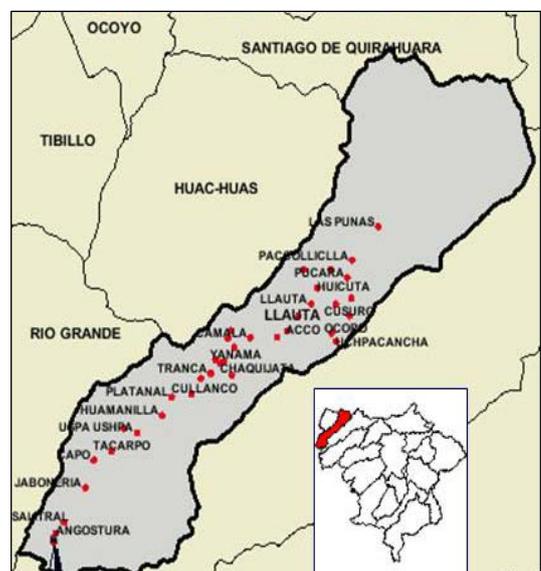
CAPÍTULO IV

4. Costos y consideraciones económicas

Llauta, conjuntamente con sus anexos y caseríos, como un diseño de la naturaleza, es favorecido por su privilegiada ubicación y climatología con respecto a otros lugares del Perú; tampoco es ajeno al resto del mundo por la virtud de sus fuentes favorables de viento seco y sol radiante cuya energía renovable permanece bajo un cielo azul durante casi todo el año (véase las mediciones en los cuadros de energía solar en Llauta, capítulo II).

No causaría sorpresa que en el futuro estos pueblos ‘cabezadeños’, como se aprecia en el mapa 4.1, por tener un promedio de radiación solar permanente, tenga su fuente de energía eléctrica a partir de la radiación solar en cada plaza, hogar y calles, con módulos fotovoltaicos y componentes simples que cumplan el marco legal, social, medio ambiental, seguridad y beneficio económico para los más necesitados.

En el cuadro 4.1 se está presentando las mejores alternativas en función a las evaluaciones analizadas en los capítulos II



Mapa 4.1 Llauta, sus anexos y caseríos

y III del presente documento. Se están considerando los costos hasta el momento hallados, los mismos que podrán ser manejados por cualquiera de las alternativas. Se amplía en páginas siguientes.

Se ha diseñado un esquema simplificado a fin de ser fácilmente administrado y con la convicción de incorporar capacidades adicionales en el futuro. Además, como se puede apreciar en el cuadro 4.1, están basados en estudios y experiencias mencionados para un costo de ciclo de vida útil de por lo menos de 15 a 20 años con sustitución de las baterías cada 3 ó 4 años.

4.1 Costo del proyecto de iluminación con SFV de la plaza pública de Llauta²⁶

Alternativas de costos de los de componentes para un poste solar de iluminación

Componentes	Alternativa 1 LPS35 W		Alternativa 2 FL36 W		Alternativa 3 FL72 W	
	No.	Costo US\$	No.	Costo US\$	No.	Costo US\$
Luminaria	1	104	1	78	2	2 x 78 = 156
Panel fotovoltaico: SW50C / 50 Wp SW100C / 100Wp	2 <i>1</i>	2x520=1040 780	2 <i>1</i>	2x520= 1040 780	4 2	4x520 = 2 080 2x780 =1 460
Sujetador para el PFV	1	142	1	142	1	142
Banco de baterías: 8G27 / 99Ah 8GGC2/ 198Ah	2 <i>1</i>	2x115=230 1x195=195	2 1	2x115 = 230 <i>1x195 = 195</i>	3 2	4x115 = 460 2x195 = 390
Regulador de carga: Imáx : 8 A Imáx : 20 A	1	72	1	72	1	156
Balastro 12V _{DC}	1	150	1	150	2	2 x 150 = 300
Temporizador electrónico	1	170	1	170	1	170
Poste 7 m de alto	1	100	1	100	1	100
Pastoral soporte de luminaria	1	65	1	65	1	65
Porta luminaria	1	156	1	156	1	156
Gabinete metálico (para tablero control)	1	52	1	52	1	52
Gabinete metálica para baterías	1	80	1	80	1	80
Cables de conexión de dos colores: rojo (+), azul o negro (-)	16m	104	16m	104	16m	104
Accesorios para puesta a tierra	1	65	1	65	1	65
Costo total:		US\$		US\$		US\$
Con (50Wp/99Ah)		2 530		2 504		4 086
Con (100Wp/198Ah)		2 235		2 209		3 396

Nota: Estimados por proveedores nacionales (Sunrise Energy S.A., Lima)

Cuadro 4.1 Costos de componentes para un poste solar.

²⁶ Costos referenciales tomados de diferentes proveedores nacionales como Sunrise Energy S.A. Lima

En esta relación no se consideran los costos de transporte ni de mano de obra para la instalación de los postes.

El cuadro 4.1 muestra los costos de tres propuestas para la iluminación de la plaza principal de Llauta. Postes solares que trabajarán de manera autónoma.

Se consideran dos tipos de paneles fotovoltaicos en cada caso, de 50 Wp y 100 Wp, así como dos modelos de baterías, 99 Ah y 198 Ah. Los demás componentes permanecen constantes.

La tercera columna de este cuadro 4.1, correspondiente a la alternativa 3, refiere al doble de luminarias, paneles, baterías, balastro, comparadas con la alternativa 2, a excepción del regulador de carga. Todos los demás elementos son los mismos para todos los sistemas.

Desde el punto de vista técnico-económico, la alternativa 1, con lámpara de sodio de 35 W de baja presión (LPS 35 W) cuyas características técnicas se señalan en el cuadro 3.5, ofrece mayores ventajas que la alternativa 2; pues dicha lámpara, acorde a la experiencia, brinda un nivel de iluminación que está comprendido en las especificaciones de las normas técnicas requeridas para la iluminación en parques y áreas verdes, así como por su baja potencia y su alta eficiencia en el ahorro de energía.

Los costos son referenciales y variarán en la medida que continúen los valores del dólar y la inflación en el país. Por lo tanto, como premisa para este proyecto se puede concluir que el costo de cada poste solar a emplearse en la iluminación de la plaza de Llauta, asciende a la suma de **US\$ 2 235** con panel SW100C de 100 Wp. En el cuadro 4.1 no se consideran los costos de transporte, ni horas-hombre de instalación de los mismos y otros eventos imprevistos que pudieran presentarse.

4.1.1 Cantidad de postes solares, distribución y costos

La plaza de Llauta, cuyas medidas de su diseño son de 30 m x 36 m, cuenta actualmente con una vía perimétrica empedrada la misma que forma parte de la carretera de acceso a la provincia de Huancasancos y pueblos de Pucará y Laramate como más cercanos. Apréciense los planos A-1 y A-2 del anexo.

Por las noches, el área céntrica de dicha plaza es de libre acceso y sirve como punto de reunión de niños, jóvenes y ancianos, quienes lo utilizan como lugar de esparcimiento a pesar de una tenue iluminación actual, muchas veces aprovechando los rayos de iluminación provenientes de la luna.

El presente proyecto piloto está orientado básicamente a la difusión de la tecnología solar fotovoltaica y su aceptación como gestión en su instalación y mantenimiento. Se está proponiendo la instalación de cinco (5) postes de iluminación pública, de los cuales, cuatro serán instalados cada uno con una lámpara LPS 35W ubicados en cada esquina del área perimétrica, y un quinto poste será ubicado en el centro de dicha plaza, el mismo que tendrá un doble pastoral y dos lámparas de sodio de baja presión. La configuración actual de los postes de esta plaza se puede apreciar en la foto 1.3, postes de la red eléctrica actual, ubicados en las calles adyacentes que ofrecen poquísima o “nula” iluminación debido a problemas en la fuente. Éste es

uno de los problemas que deseamos resolver para beneficio de los lugareños y sus visitantes. La ubicación de los cinco postes nuevos se aprecia en el plano A-2.

Costo total del proyecto

Alternativa 1	Básico para los 5 postes		Adicional para sólo un poste	
	Cantidad	Costo (US\$)	Componentes	Costo (US\$)
100Wp/198Ah	5	(del cuadro 4.1 para cada poste) 2 235	1 Panel	780
			1 Lámpara	105
			1 Balastro	140
			1 Regulador	70
			1 Porta lámpara	150
			1 Baterías	190
			1 Pastoral	60
			Otros	150
Parciales		11 175		1 645
Sub-total				12 820
Mano de Obra + transporte (aprox. 15% adicional)				1 923
Imprevistos (5 %)				641
Gran total proyecto				15 384

Cuadro 4.2 Costo total del proyecto

4.2 Gestión y administración del proyecto

Los habitantes de Llauta que viven sin energía eléctrica actualmente provienen de unidades familiares con escasos recursos económicos y casi sin patrimonio ni bienes que puedan respaldar el financiamiento de este proyecto. Sin embargo, y con mayor prioridad, es merecedor a ser considerado dentro de los programas de mejora de calidad de vida y lucha contra la pobreza. Su ejecución permitirá a los llautinos integrarse a un proceso de educación y conocimiento de las bondades de la energía solar.

Se reitera que, la aplicación de la tecnología del presente proyecto, además de romper paradigmas de los lugareños, será una alternativa para que, en un mediano plazo, se pueda aplicar la energía solar en cada una de sus viviendas, para la cocción de alimentos, para el bombeo de agua en la agricultura, calentamiento de agua para uso doméstico, secado de productos agrícolas, refrigeración, piscinas

rurales, integrando así a los pobladores a las bondades y beneficios que nos aporta el sol.

4.2.1 Aspectos financieros

La experiencia peruana en otros proyectos piloto nos brinda la posibilidad de gestionar en el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección Ejecutiva de Proyectos (**DEP-MEM**), la financiación directa del monto calculado, US\$ 15 384, inversión requerida para su aplicación en la plaza de un área de 30m x 36m.

El financiamiento a través del proyecto de electrificación **FONER** no es viable por las condiciones que establece y están orientados a proyectos de mayor envergadura con sistemas de integración geográfica para redes de alambrado. Además, el proyecto debe ser propuesto por una empresa distribuidora potencial tramitado con marcos del SNIP y exposición de tasas de retorno antes de impuesto (TIRF).

Por otro lado, la Corporación Financiera de Desarrollo S.A. – **COFIDE**, que es una empresa de economía mixta con autonomía económica, administrativa y financiera, y la Corporación Andina de Fomento – **CAF**, canalizan fondos de inversión para programas de energías renovables mayores de US\$ 100 000. Tampoco es sencillo para nuestro caso, salvo solicitud y gestión especial, por considerarse de energía eléctrica en una plaza pública.

Soluciones Prácticas – ITDG, organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas. Logra convenios importantes con organizaciones como el Banco Mundial - **BM**, el Banco Interamericano de Desarrollo – **BID**, por lo que se sugiere que esta entidad ITDG sea nuestra más importante fuente de financiamiento y sostenibilidad del proyecto. Se toma como primera opción coordinadora para hacer realidad la electrificación de la plaza en mención.

Existen también programas importantes que financian esta clase de proyectos con la modalidad de ‘subsidio no reembolsable’, como: “Empresa Solidaria” de **FONCODES** - Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social y programa de las Naciones Unidas – **PNUD**, los que también promueven acciones de desarrollo de energías renovables.

Finalmente, se cuenta con entidades múltiples a nivel mundial como las **ONGs**, que, además de subvención monetaria, ofrecen tecnología, técnicos y herramientas apropiadas y prácticas a favor del campesinado pobre.

4.3 Programas de difusión

Capacitar a los miembros de la comunidad Llautina sobre los beneficios de la electricidad solar, el impacto ambiental que involucra y la posibilidad de generación de energía eléctrica en lugares o casas de pastoreo y/o agricultura, incluso alejados del pueblo, considerando un programa de sostenibilidad, son actividades vitales para la durabilidad y mejoramiento del uso de energía solar. He aquí las urgentes:

4.3.1 Actividades

- Preparación de cartillas educativas con información básica del cambio climático y contaminación ambiental.
- Organizar talleres con los profesores rurales para informar a los pobladores sobre aspectos medio ambientales, energías no renovables. El petróleo y sus derivados, impacto medio ambiental; empleo de las energías renovables, en particular la energía solar. Utilizar esquemas comprensibles y didácticos de fácil aprendizaje.
- Organizar concursos interescolares e intercomunales sobre los recursos naturales, su conservación y manejo racional, así como fomentar proyectos productivos que empleen energías limpias y renovables.
- Difundir las bondades de las tecnologías solares a través de bocetos y distribuirlos localmente y en eventos como fiestas religiosas y aniversarios.
- Desarrollar una conciencia crítica en toda la población, a través de visitas guiadas al proyecto piloto de electrificación solar de la plaza pública, para que conozcan de cerca las ventajas de la tecnología solar.
- Organizar las bases para una electrificación masiva en zonas que no gozan de electrificación convencional.

4.4 Principales actores

Para el presente proyecto se considera actores para servicios de información y asistencia técnica, para capacitación, fortalecimiento institucional, actividades de promoción e **influencia financiera** y, además, sostenibilidad del alumbrado de la plaza con SFV.

4.4.1 Nivel institucional

- **Gobierno Regional de Ayacucho:** Facilita el enlace con las instituciones de cooperación técnica nacional e internacional y hace las gestiones pertinentes para el logro de los objetivos del proyecto.
 - **Municipalidad Provincial de Lucanas:** Importante nexos en el desarrollo del proyecto afianzando el cambio de actitud y aceptación de otras comunidades a fin de hacer masiva la utilización de la energía solar en otras disciplinas.
 - **Municipalidad Distrital de Llauta:** Alcalde y regidores, como entidad administradora, conjuntamente con el **patrocinador del proyecto** interaccionan a los actores, facilitando a los ejecutores y motivando a la familia llautina. Será el ente supervisor para el mantenimiento de los postes solares y sus componentes en su integridad. Deberá contar con un programa especial propio de sostenibilidad con brigadas activas para garantizar el ciclo de vida de los postes.
-

- **Soluciones prácticas – ITDG:** Actor importante como organismo de cooperación técnica contribuye en el desarrollo sostenible del pueblo en coordinación con el Gobierno Regional de Ayacucho y los demás actores. Encamina la ejecución del presente proyecto. Responde a los problemas económicos, capacidad tecnológica, asistencia técnica, disponibilidad de repuestos, y de los aspectos legales y normativos vigentes. En conjunto, entabla convenio con el Gobierno Regional de Ayacucho y los demás actores.

4.4.2 Nivel de coordinación y participación

- **Agentes municipales de los pueblos ‘cabzadeños’:** Elementos importantes para la difusión del proyecto y cambio de actitud de los pobladores. Excelentes facilitadores.
 - **Gobernación de distrito:** Con su contribución vigilante, evita las averías y los daños físicos de los postes solares siendo un ente más motivador que policía.
 - **Sector de educación:** Entidad cuyos miembros saben impartir conocimientos acerca de los problemas ambientales actuales en el mundo, como: Calentamiento global, agotamiento de agua dulce, empobrecimiento de la tierra agrícola, acercamiento al límite de la capacidad de la Tierra, aprovechamiento de la energía solar, degradación progresiva de los valores humanos, entre otros aspectos educativos.
 - **Comunidad campesina:** No está familiarizada con la tecnología moderna, no tiene experiencia con el uso de módulos fotovoltaicos, ni calentadores solares, bombeo de agua, etc. Sin embargo, los miembros de la comunidad campesina, tomarán conciencia de ser los únicos dueños de este adelanto gracias a la intervención y gestión de los actores arriba mencionados. Establecerán roles de mantenimiento y seguridad, para lo cual prepararán sus cartillas y manuales de operación para el proyecto.
-

Conclusiones

1. La electrificación con energía solar de la plaza pública del distrito de Llauta, Provincia de Lucanas, Departamento de Ayacucho, Perú, es una propuesta viable por las razones expuestas en el capítulo anterior y porque se sostiene en sus aspectos técnicos, sociales y medio ambientales, teniendo como perspectiva futura el desarrollo de un proyecto masivo de electrificación rural a nivel regional a partir de la energía solar y sea éste el inicio para que nuestros pueblos aislados y pobres, jóvenes y niños no permanezcan inactivos, por lo contrario usen tanta tecnología moderna visualizando un futuro positivo de evolución continua para mejor calidad de vida.
 2. El dimensionamiento de los postes solares de iluminación pública se sustenta en la información técnica proporcionada por los fabricantes, las que garantizan la calidad de los productos (lámpara, panel, regulador y batería). Asimismo, se han logrado los datos de vital importancia y el conocimiento de los niveles de irradiación e irradiancia, duración del día con sol y demás parámetros meteorológicos de la zona a desarrollarse el proyecto. Ello garantiza aún más, la factibilidad de la presente propuesta.
 3. La lámpara de baja presión de sodio LPS de 35W es la más eficiente para su empleo en el poste solar diseñado: flujo = 4 800 lm, iluminación = 10,6 lux y cuenta con un área de cobertura de 15m x 15m. Sus características están dentro de las especificadas en la norma técnica sobre iluminación de parques y otras áreas.
 4. Desde el punto de vista técnico-económico, el sistema diseñado para la iluminación solar de la plaza de Llauta, cada uno de los cinco postes, estará compuesto básicamente por una LPS indicado arriba, un panel fotovoltaico de 100Wp, una batería de 198Ah, un regulador de 8A y otros componentes electrónicos que garantizarán un funcionamiento eficiente dentro de los parámetros del diseño. La inversión por poste es de **US\$ 2 235**, equivalente a S/. 6 705 (US\$ 1 = S/. 3,00 a diciembre del 2008).
 5. El proyecto contempla 5 postes, uno de ellos estará ubicado al centro de la Plaza y constará de componentes adicionales para una mayor iluminación. Este poste central llevará dos paneles de 50 Wp, 2 baterías de 99Ah y otros componentes que incrementan el costo del proyecto en US\$ 1 645, equivalente a S/. 4 935, siendo la inversión total de los materiales para el presente proyecto la suma de **US\$ 12 820**.
 6. Se estima un 5% como porcentaje de imprevistos; además, los costos de ingeniería de instalación (15% del costo de material), el proyecto asciende a la cifra de **US\$ 15 384** aproximadamente equivalente a S/. **46 000**.
 7. Aprobado el presente proyecto, inmediatamente se acelerará la tramitación de los representantes de cada uno de los actores para el presente proyecto a fin de organizar la misión y visión e iniciar con las gestiones urgentes para hacer realidad la iluminación de la plaza de Llauta en mención.
 8. Este estudio permitirá crear un puente técnico para que el crecimiento económico de los campesinos permita una mejor calidad de vida y cuenten con tecnologías de nuestro siglo. Ya no utilizarán la energía más cara que es la no renovable.
-

Recomendaciones

1. El estudio de electrificación con energía solar de la Plaza Pública de Llauta deberá ser sustentado ante las autoridades locales, organizaciones de base del distrito, autoridades provinciales, Gobierno Regional, entidades educativas de distrito y especialmente con el organismo de cooperación técnica “Soluciones Prácticas –ITDG” y la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas.
 2. Proponer la conformación de un “Comité pro electrificación solar” dentro del seno de la Comunidad Campesina de Llauta como únicos propietarios de los postes solares, motivo del presente documento.
 2. El promotor del proyecto deberá gestionar la elaboración de las cartillas, manuales y boletines didácticos, para informar a la población, en especial a los jóvenes y niños de las instituciones educativas urbanas y rurales del distrito de Llauta, dando a conocer los beneficios del proyecto del presente estudio. Deberá promover y difundir las experiencias similares desarrolladas en otros lugares dentro y fuera del país.
 3. Implementar programas de capacitación para los profesores de las diferentes instituciones educativas en temas de medio ambiente, desarrollo sostenido y utilización de las energías renovables, en especial sobre los grandes avances de actual aprovechamiento de la energía solar.
 4. Extender, en un corto plazo, cadenas educativas de difusión para el aprovechamiento de las energías renovables en todos los pueblos de las ‘cabezadas’ de Llauta, especialmente Huac-Huas, Laramate y Carhuacucho.
-

Bibliografía

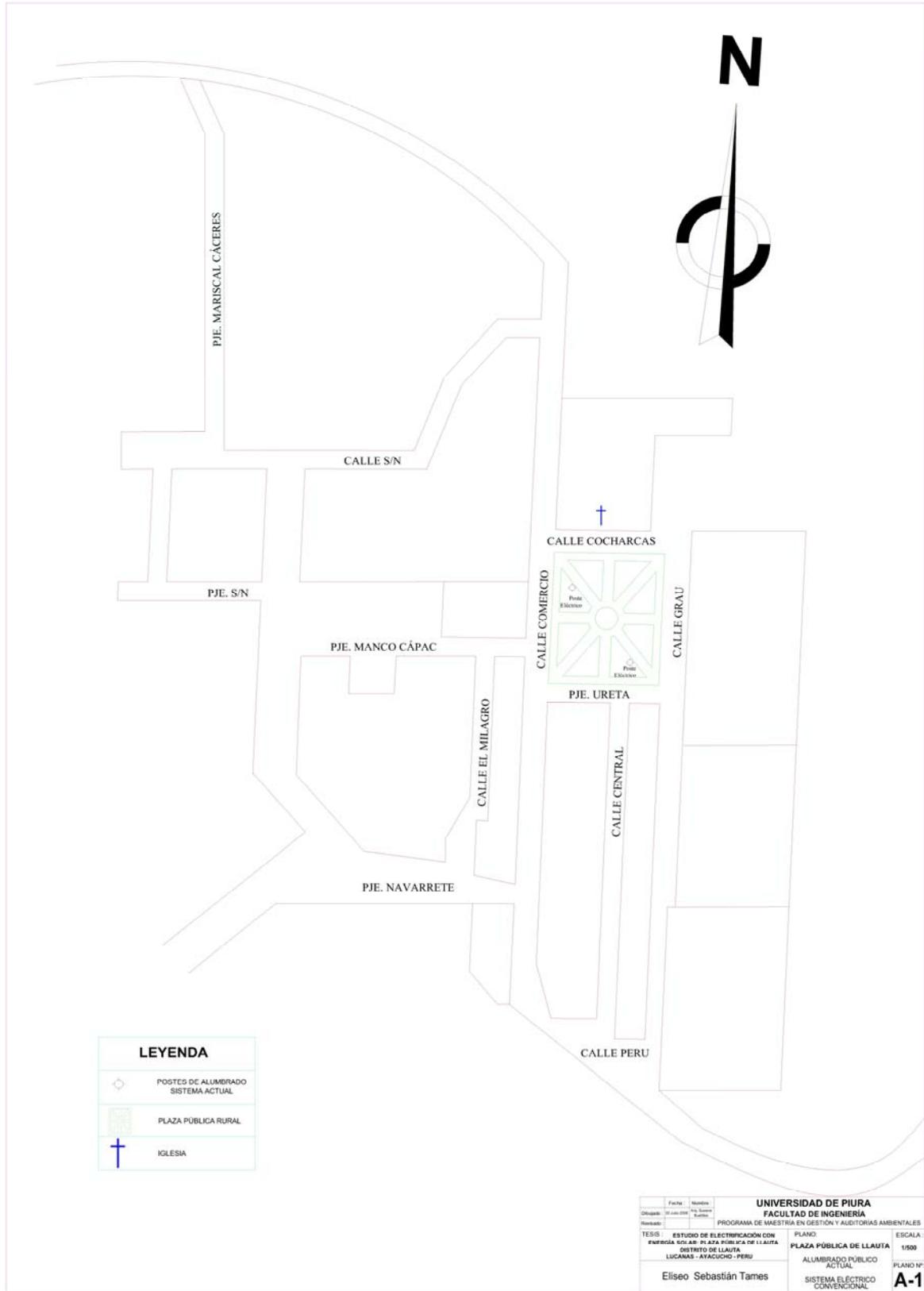
1. AMERICA RENOVABLE, (2006). “Revista especializada en Energía Renovable y Medio Ambiente”. Grupo de Apoyo al Sector Rural de la Pontificia Universidad Católica del Perú. PUCP. Año 9, Número 13, pp 32.
2. ANTEZANA GALLEGOS, Juan Nimio, (2007). “La Realidad Etnolingüística de Llanta y su Influencia en la Educación”, Cap. I y II. Universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle”. Tesis Grado de Magíster en Ciencias de la Educación.
3. CENTRO DE CAPACITACION PARA EL DESARROLLO-CECADE, 2006-2007. “Cursos Talleres de Módulos Educativos sobre Energía Solar y Medio Ambiente”. Distrito de Yaurisque, Provincia de Paruro-CUZCO
4. FONER-MEM. “Fondo Nacional de Electrificación Rural” (1995). Ministerio de Energía y Minas del Perú.
5. FRANCIS W. Sears, “Electricidad y magnetismo” (1958), Editorial Aguilar, Madrid, España.
6. FUNDACION UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA, (2004-2005). “Curso virtual”; Gestión y Auditorías ambientales para el grado de magíster. Convenio con la Universidad de Piura. Certificado de Aprobación y datos en la U de P.
7. GARCIA TABUENA, Antonio y otros, (2001). “La micro y pequeña empresa en Latinoamérica” de “Intermediate Technology Development Group”-ITDG-Perú. 219 pp; www.itdg.org.pe
8. GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL, (2007). Curso teórico práctico “Proyecto de electrificación rural con energía solar”. Pontificia Universidad Católica del Perú-PUCP. www.pucp.edu.pe/invest/grupo
9. GUASCH MURILLO, Daniel, (2003). “Modelado y Análisis de Sistemas Fotovoltaicos”,.- Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona – España.
10. HORN, Manfred; (2001). “Experiencias de Electrificación Fotovoltaica en el Perú. CER UNI-Lima, Perú.
11. HORN, Manfred (2001). “Modelos de gestión en la Electrificación Rural con Energía Solar Fotovoltaica en el Perú”. CER UNI. Lima-Perú
12. LORENZO, Eduardo (1994). “Electricidad Solar, Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos”. Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid. Edic. PROGENSA.
13. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2005). “Plan Nacional de Electrificación Rural 2006 – 2015”. Lima Perú.

<http://dger.minem.gob.pe/index.php?pagid=cont&id=130>
14. NORMA TÉCNICA DGE. (2002)- “Alumbrado de vías públicas”. Ministerio de Energía y Minas. Lima- Perú.

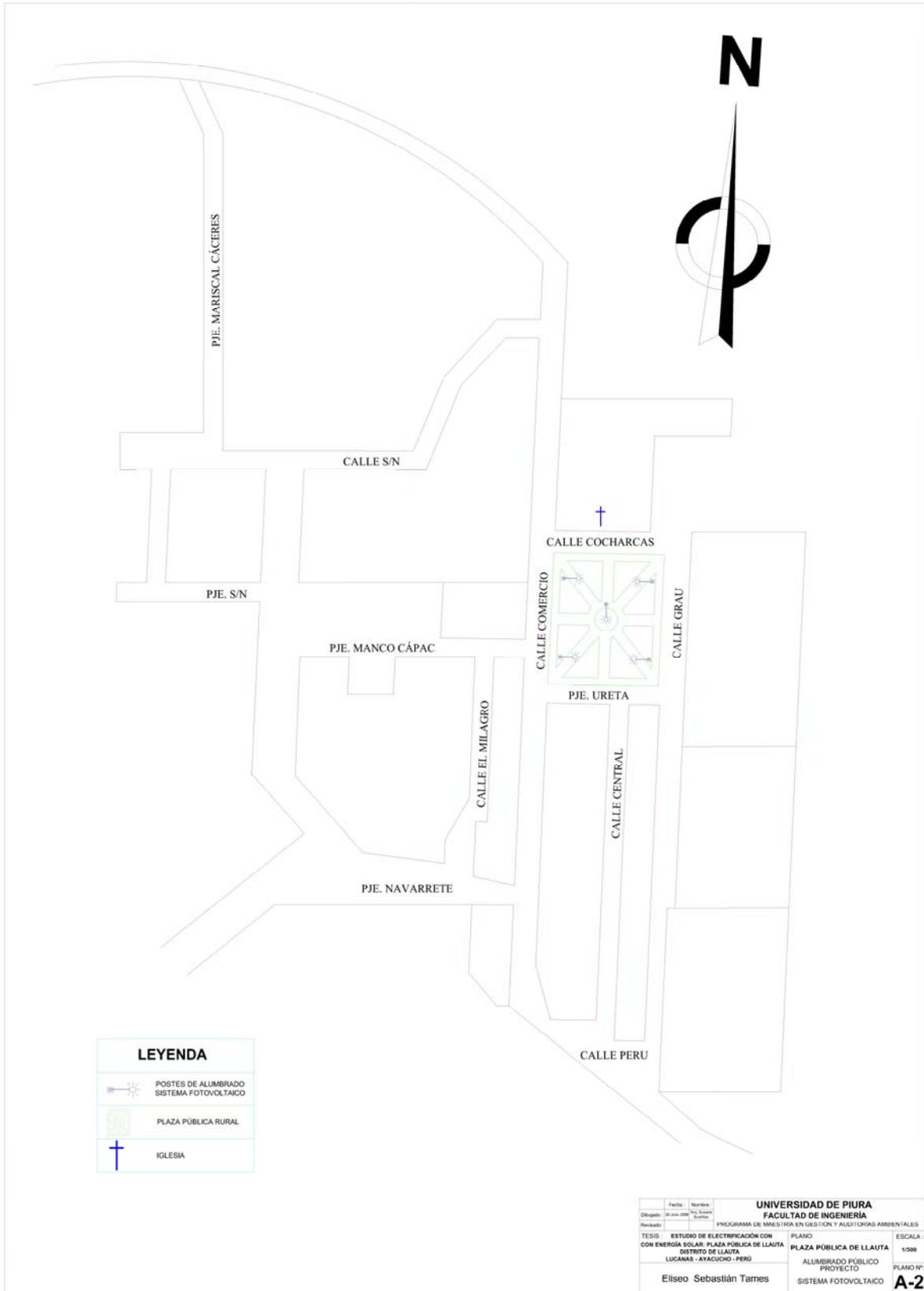
15. ORELLANA, Roman; (1995). "Sistemas Fotovoltaicos para Electrificación Rural". Proper-Energética. Cochabamba-Bolivia.
 16. VARIOS AUTORES (1984), "Enciclopedia de Ciencia y Técnica" Tomo 5. Electricidad, Salvat Editores S. A.
 17. <http://es.wikipedia.org/wiki/Electricidad>, consultado en julio del 2008.
 18. PROPER - Bolivia . "Sistemas fotovoltaicos para la electrificación rural". 1995.
 19. IQBAL Muhammad .-"An Introduction to solar Radiation.-Academic Press". 1990.
 20. RED IBEROAMERICA DE SOLARIMETRIA (RISOL). - II Jornadas Iberoamericanas de Solarimetría.- Santa Cruz de la Sierra. Bolivia 2001.
 21. COLLARES PEREIRA Manuel.- "Radiación solar, Ingeniería del Secado Solar".- Ed. CYTED-D, (1999).
 22. VALERA PALACIOS, Anibal Abel.- "Energía solar II", 2007. Asamblea Nacional de Rectores del Perú.
-

ANEXOS

ANEXO A1



ANEXO A2



ANEXO B

30/05/2006.- Ley N° 28749.- **Ley General de Electrificación Rural.**
(01/06/2006)

LEY N° 28749 ⁽¹⁾

Reglamento de la Ley N° 28749, Electrificación Rural
DECRETO SUPREMO
N° 025-2007-EM

30/05/2006.- Ley N° 28749.- **Ley General de Electrificación Rural.** (01/06/2006)

LEY N° 28749 ⁽¹⁾

(1) Reglamentada por el D.S. N° 025-2007-EM, publicado el 03/05/2007.

EL PRESIDENTE DEL CONGRESO DE LA REPÚBLICA
POR CUANTO:
EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la siguiente Ley:

LEY GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

TÍTULO I

NECESIDAD Y UTILIDAD DE LA ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 1°.- Objeto de la Ley

La presente Ley tiene por objeto establecer el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

Artículo 2°.- Necesidad y utilidad pública de la electrificación rural

Declárese de necesidad nacional y utilidad pública la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, con el objeto de contribuir al desarrollo socioeconómico sostenible, mejorar la calidad de vida de la población, combatir la pobreza y desincentivar la migración del campo a la ciudad.

Artículo 3°.- Definición de Sistemas Eléctricos Rurales (SER)

Los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) son aquellos sistemas eléctricos de distribución desarrollados en zonas rurales, localidades aisladas, de frontera del país, y de preferente interés social, que se califiquen como tales por el Ministerio de Energía y Minas, de acuerdo al reglamento de la presente Ley.

Artículo 4°.- Rol del Estado en la electrificación rural

En el proceso de ampliación de la frontera eléctrica en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, el Estado asumirá un rol subsidiario, a través de la ejecución de los Sistemas Eléctricos Rurales (SER), así como promocionará la participación privada, incluso desde las etapas de planeamiento y diseño de los proyectos.

Artículo 5°.- Organismo nacional competente

El Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP), es competente en materia de electrificación rural, para lo cual coordina con los gobiernos regionales y locales, empresas concesionarias de distribución eléctrica y de electrificación rural, y demás entidades y programas del Gobierno Nacional, relacionadas con la ejecución de obras de electrificación rural y su administración, operación o mantenimiento.

Artículo 6°.- Descentralización

En la ejecución de las obras de los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) participan el Gobierno Nacional, los gobiernos regionales y locales, las empresas concesionarias de distribución eléctrica y de electrificación rural, públicas o privadas, u otros inversionistas privados.

La participación de los gobiernos regionales y locales se podrá efectuar en forma directa o en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas. En el caso de la ejecución de obras por parte de inversionistas privados u otros actores, será de aplicación el esquema del menor porcentaje de subsidio, de acuerdo a lo dispuesto en la presente Ley.

TÍTULO II

DE LOS RECURSOS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 7°.- Recursos para la electrificación rural

Los recursos para la electrificación rural constituyen bienes inembargables y son los siguientes:

- a) Transferencias del Tesoro Público que se fije anualmente;
- b) Fuentes de financiamiento externo;
- c) El 100% del monto de las sanciones que imponga el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía - OSINERG a las empresas que cuenten con concesión o autorización para desarrollar actividades eléctricas;
- d) Hasta el 25% de los recursos que se obtengan por la privatización de las empresas eléctricas del Sector Energía y Minas;
- e) El 4% de las utilidades de las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras del sector eléctrico, que se aplicará con cargo al Impuesto a la Renta (IR). Para el caso de las empresas concesionarias de generación de energía hidráulica, se aplicará el porcentaje antes señalado sin que éste afecte al porcentaje establecido en la Ley N° 27506, Ley del Canon;
- f) Los aportes, asignaciones, donaciones, legados o transferencias por cualquier título provenientes de personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras;
- g) Los recursos que se obtengan sobre la base de convenios de ejecución de obras de electrificación rural con gobiernos regionales y locales;
- h) El aporte de los usuarios de electricidad, de 2/1000 de 1 UIT por Megavatio hora facturado, con excepción de aquellos que no son atendidos por el Sistema Interconectado Nacional;
- i) Los excedentes de la contribución establecida en el literal g) del artículo 31° de la Ley N° 25844 , Ley de Concesiones Eléctricas, que perciba anualmente la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas por su función normativa, y que no sean utilizados en ese ejercicio por dicha dependencia; y,
- j) Otros que se asignen.

Artículo 8°.- Uso productivo de la electricidad

Por excepción hasta el 1% de los recursos para la electrificación rural, establecidos en el artículo 7° de la presente Ley, será destinado a la educación y capacitación de consumidores en zonas rurales que incluirán programas de desarrollo de usos productivos de la electrificación y la energía renovable.

Artículo 9°.- Destino y administración de los recursos

Los recursos serán destinados exclusivamente a la ejecución de proyectos, obras y subsidios a la tarifa local de los SER, de acuerdo a lo que señale el reglamento de la presente Ley, así como para promocionar la inversión privada. El financiamiento no cubrirá en ningún caso los costos de operación y mantenimiento.

Los recursos serán transferidos al Ministerio de Energía y Minas y su administración será efectuada por la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP), excepto los destinados a la promoción de la inversión privada que se administrarán conforme a lo estipulado en el reglamento de la presente Ley.

TÍTULO III

DEL PLANEAMIENTO ELÉCTRICO

Artículo 10°.- Plan Nacional de Electrificación Rural

El Ministerio de Energía y Minas elaborará el Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER), a largo plazo, con un horizonte de diez años, el mismo que consolidará los Planes de Desarrollo Regional y Local concertados, los programas de expansión de las empresas concesionarias de distribución eléctrica y de electrificación rural, las iniciativas privadas y los programas o proyectos a desarrollarse por el Gobierno Nacional.

Los proyectos que conforman el PNER, están sujetos a una evaluación técnico-económica a fin de garantizar su rentabilidad social y sostenibilidad administrativa, operativa y financiera de largo plazo. Para ello, el Ministerio de Energía y Minas coordinará lo que fuera pertinente con los gobiernos regionales y locales y otras entidades, brindando la capacitación técnica que corresponda de conformidad con las disposiciones legales sobre descentralización.

Asimismo, se elaborará un Plan a Corto Plazo, que incluirá los proyectos a desarrollarse en el correspondiente ejercicio presupuestal, por parte del Gobierno Nacional, regional y local y la iniciativa privada.

El Plan de Corto Plazo incluirá los proyectos que son parte de programas o proyectos resultantes de convenios de donación o financiamiento externo para la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, los cuales se regirán por sus propias reglas de ejecución acordadas.

TÍTULO IV

DE LAS NORMAS TÉCNICAS PARA LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS RURALES

Artículo 11°.- Normas técnicas de diseño y construcción

Los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) deberán contar con normas específicas de diseño y construcción adecuadas a las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

Para tal fin, la Dirección General de Electricidad (DGE) del Ministerio de Energía y Minas adecuará el Código Nacional de Electricidad y emitirá las correspondientes normas de diseño y construcción a propuesta de la DEP, los gobiernos regionales y locales, las entidades del Gobierno Nacional encargadas de la ejecución de obras, las empresas concesionarias de distribución eléctrica y los especialistas en la materia. Dichas normas deberán ser actualizadas permanentemente.

Los proyectos basados en energías renovables se regirán por sus propias normas sobre la materia.

Artículo 12°.- Norma técnica de calidad

Los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) deberán contar con normas técnicas de calidad, emitidas por la DGE del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 13°.- Medición pre-pago

Los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) pueden contar con equipos de medición pre-pago, con la finalidad de facilitar la gestión comercial de la electrificación rural.

El costo del sistema de medición se incluirá en el Valor Agregado de Distribución - VAD que compone la tarifa.

La Dirección General de Electricidad (DGE) del Ministerio de Energía y Minas emitirá las normas necesarias para la operación comercial de los referidos sistemas.

TÍTULO V

DE LA TARIFA RURAL

Artículo 14°.- Tarifa rural

El Ministerio de Energía y Minas deberá determinar los sectores típicos de distribución a los cuales se asimilarán los proyectos de electrificación rural, con la finalidad de asegurar que la tarifa de distribución que OSINERG fije permita la sostenibilidad de la inversión realizada y el acceso al servicio eléctrico.

El Ministerio de Energía y Minas podrá adecuar los parámetros de aplicación del Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE) de acuerdo a las necesidades de los SER, respetando lo establecido en la Ley N° 28307, y sus normas modificatorias.

TÍTULO VI

DECLARACIÓN JURADA DE IMPACTO AMBIENTAL

Artículo 15°.- Declaración jurada de impacto ambiental

Para la ejecución de toda obra se presentará una Declaración Jurada de Impacto Ambiental ante la entidad competente del Ministerio de Energía y Minas, de conformidad con las normas ambientales vigentes.

TÍTULO VII

DEL ACCESO A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Artículo 16°.- Acceso a instalaciones eléctricas

Para la ejecución de las obras de los SER, las empresas concesionarias de electricidad, públicas o privadas, están obligadas a permitir el libre acceso a sus instalaciones, a fin de efectuar la conexión para la ejecución de dichas obras, sin mayor exigencia que el aseguramiento de las garantías técnicas adecuadas. El incumplimiento de dicha obligación será sancionado por OSINERG.

Los costos de las ampliaciones o refuerzos que requieran las instalaciones eléctricas de las empresas concesionarias afectadas serán cubiertos por los interesados.

TÍTULO VIII

DE LA SERVIDUMBRE RURAL

Artículo 17°.- Servidumbre rural

El reglamento de la presente Ley debe establecer el régimen de servidumbre rural para la ejecución de las obras de los Sistemas Eléctricos Rurales (SER).

El derecho de establecer una servidumbre rural obliga al Ministerio de Energía y Minas a indemnizar el perjuicio que ella cause y a pagar por el uso del bien gravado. Esta

indemnización será fijada por el Ministerio de Energía y Minas. Igual procedimiento deben observar los inversionistas privados.

TÍTULO IX

DE LA TRANSFERENCIA DE OBRAS Y SUMINISTROS

Artículo 18°.- Transferencia de obras y propiedad de conexiones domiciliarias

El Ministerio de Energía y Minas transferirá a título gratuito los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) que haya ejecutado o ejecute, preferentemente a las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal y en su caso a la Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A. - ADINELSA. Se incluye a aquellas empresas que se encuentren en el proceso de promoción de la inversión privada, a efectos de que se encarguen de la administración, operación y mantenimiento de los SER.

Los criterios para entregar en concesión la administración y operación de los sistemas eléctricos rurales de propiedad de ADINELSA, así como los criterios aplicables en caso de transferencia de los mismos, serán establecidos por el reglamento de la presente Ley.

Asimismo, el Ministerio de Energía y Minas podrá transferir materiales y equipos electromecánicos de los que eventualmente disponga, a los gobiernos regionales y locales, bajo la modalidad de donación.

TÍTULO X

DE LA PROMOCIÓN DE LA INVERSIÓN PRIVADA EN ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 19°.- Objeto de los procesos de promoción

Son objeto de promoción de la inversión privada, los estudios, la operación, el mantenimiento o la transferencia en propiedad, de los proyectos de electrificación rural desarrollados en el marco de la presente Ley. Asimismo, será objeto de promoción de la inversión privada la operación y el mantenimiento de los SER ejecutados.

En el caso de los SER de propiedad de la Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A. ADINELSA, se promocionará la entrega en concesión de su operación y mantenimiento, y en su caso la transferencia de los mismos.

Artículo 20°.- Régimen Especial de Concesiones Eléctricas Rurales

Créase el Régimen Especial de Concesiones Eléctricas Rurales, con el fin de incorporar incentivos para el desarrollo de la inversión privada en electrificación rural. Bajo el mencionado Régimen, las concesiones eléctricas rurales serán otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas, a través de la DGE.

El Régimen Especial de Concesiones Eléctricas Rurales estará basado en un procedimiento administrativo que privilegie la aplicación de los principios de simplicidad, eficacia y celeridad. La estructuración del procedimiento será establecida por el reglamento de la presente Ley.

Asimismo, los titulares de la concesión eléctrica rural se verán beneficiados del régimen a que se refieren los Decreto Legislativo No. 662, se aplicarán los plazos, requisitos y montos de inversión contemplados en los respectivos Contratos de Concesión, así como

a sus normas reglamentarias, modificatorias y complementarias.

Artículo 21°.- Conducción y procedimientos de los procesos

La Agencia de Promoción de la Inversión Privada - PROINVERSIÓN conduce los procesos de promoción de la inversión privada, conforme a sus normas y atribuciones, para lo cual coordina con el Ministerio de Energía y Minas, los gobiernos regionales o gobiernos locales, según corresponda; conforme a los procedimientos, modalidades, criterios de elegibilidad y demás características que establezca la presente Ley y su reglamento. Dicho reglamento establecerá los casos en que puedan participar empresas estatales que sean concesionarias de distribución eléctrica.

Artículo 22°.- Otorgamiento de subsidios

El Estado podrá otorgar a las empresas privadas o estatales que participen en los procesos de promoción de la inversión privada, los subsidios necesarios para asegurar la sostenibilidad económica de los SER. Dichos subsidios estarán inafectos al Impuesto a la Renta y al Impuesto Temporal a los Activos Netos.

DISPOSICIONES FINALES

PRIMERA.- Recursos energéticos renovables

En el desarrollo de los proyectos de electrificación rural se debe dar prioridad al aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar, eólico, geotérmico, hidráulico y biomasas existentes en el territorio nacional, así como su empleo para el desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

SEGUNDA.- Reglamentación

El Poder Ejecutivo expedirá el reglamento de la presente Ley, mediante decreto supremo refrendado por los Ministros de Energía y Minas y de Economía y Finanzas, dentro de los noventa (90) días calendario siguientes a la fecha de su promulgación.

TERCERA.- Vigencia

La presente Ley entra en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

CUARTA.- Derogatoria

Deróguese la Ley N° 27744, Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera, así como las demás normas que se opongan a la presente Ley.

POR TANTO:

Habiendo sido reconsiderada la Ley por el Congreso de la República, insistiendo en el texto aprobado en sesión de la Comisión Permanente realizada el día dieciséis de febrero de dos mil seis, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 108° de la Constitución Política del Estado, ordeno que se publique y cumpla.

En Lima, a los treinta días del mes de mayo de dos mil seis.

MARCIAL AYAIPOMA ALVARADO, Presidente del Congreso de la República.

FAUSTO ALVARADO DODERO, Primer Vicepresidente del Congreso de la República.

Reglamento de la Ley N° 28749, Electrificación Rural
DECRETO SUPREMO
N° 025-2007-EM

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 28749, se aprobó la Ley General de Electrificación Rural, con el objeto de establecer el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país; Que, la Segunda Disposición Final de la referida Ley dispone que el Poder Ejecutivo dictará el reglamento, mediante Decreto Supremo refrendado por los Ministros de Energía y Minas y de Economía y Finanzas; De conformidad con el inciso 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación del Reglamento de la Ley General de Electrificación Rural

Apruébese el Reglamento de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural, conformado por Dieciséis (16) Títulos, ochenta y un (81) artículos, dos (02) Disposiciones Complementarias, catorce (14) Disposiciones Transitorias, cuatro (04) Disposiciones Finales y un (01) Anexo de Definiciones, el cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Refrendo y vigencia

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Energía y Minas y por el Ministro de Economía y Finanzas, y entrará en vigencia el día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano. Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dos días del mes de mayo del año dos mil siete.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente de la República

JUAN VALDIVIA ROMERO
Ministro de Energía y Minas

LUIS CARRANZA UGARTE
Ministro de Economía y Finanzas

REGLAMENTO DE LA LEY N° 28749, LEY GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- Referencias y aplicación supletoria

Para los efectos del presente Reglamento entiéndase por: Ley: Ley General de Electrificación Rural Ley N° 28832: Ley para Asegurar el desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica Reglamento: Reglamento de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural LCE: Ley de concesiones Eléctricas RLCE: Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas Ministerio: Ministerio de Energía y Minas DGE: Dirección General de electricidad DEP: Dirección Ejecutiva de Proyectos DGAAE: Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos FONER: Unidad de Gerencia del proyecto Fondos Concursables para el Mejoramiento de la Electrificación Rural ADINELSA: Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.

NORMAS LEGALES El Peruano Lima, jueves 3 de mayo de 2007

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

PROINVERSION: Agencia de Promoción de la Inversión Privada FONAFE: Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado SER: Sistemas Eléctricos Rurales PNER: Plan Nacional de Electrificación Rural Cualquier mención a artículos o títulos sin señalar la norma a la que corresponde, se debe entender referida al presente Reglamento. Para los aspectos que no estén desarrollados en este Reglamento, se deberán aplicar supletoriamente lo regulado por la LCE y el RLCE.

Artículo 2°.- Objeto

Reglamentar el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

Artículo 3°.- Principios

La acción del Estado en materia de electrificación rural se rige por los siguientes principios:

1. Complementariedad:

El desarrollo de proyectos de electrificación rural es de preferente interés social, y se enmarca en la acción coordinada con otros sectores del Gobierno Nacional, Gobiernos Regionales y Locales, estableciendo objetivos comunes que busquen el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera.

2. Subsidiariedad:

En la electrificación rural el Estado asume su rol subsidiario a través de la ejecución de los SER en el marco de la utilización eficiente de los recursos económicos, así como su rol de promotor de la participación privada.

3. Desarrollo Sostenible:

Coadyuvar al desarrollo socioeconómico, promoviendo el uso productivo de la electricidad con el consecuente incremento de la demanda, a fin de contribuir a garantizar la sostenibilidad económica de los SER; sin afectar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para sus propias necesidades.

4. Adecuación y Diversificación Tecnológica:

Utilización eficiente de los recursos económicos y energéticos, considerando las características de abastecimiento y proyección del consumo en cada zona rural, localidad aislada y de frontera del país, propiciando el uso de alternativas económicas viables y prestando especial atención al aprovechamiento de los recursos energéticos renovables.

Artículo 4°.- Sistemas Eléctricos Rurales (SER)

Los SER incluyen las conexiones domiciliarias con cualquier tipo de equipo de medición. Asimismo, además de las redes de distribución, pueden comprender las redes de transmisión, así como generación distribuida embebida en las redes de distribución eléctrica. Cada SER será clasificado por OSINERGMIN según los Sectores de Distribución Típicos que establezca la DGE.

TÍTULO II

FUNCIÓN DEL ESTADO EN LA ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 5°.- Función Ejecutora

El Ministerio, a través de la DEP, como organismo nacional competente en electrificación rural, desarrolla el planeamiento en coordinación con los Gobiernos Regionales, Locales y los programas, proyectos, entes, instituciones e inversionistas interesados en contribuir a elevar el coeficiente de electrificación rural, administra los recursos asignados para la electrificación, con excepción de los destinados a la promoción de la inversión privada, elabora los estudios, ejecuta las obras a su cargo y realiza su transferencia para su administración, operación y mantenimiento a las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal, o a ADINELSA, según lo dispuesto en el Título XII del Reglamento. El Ministerio, a través de la DEP y las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal, podrá suscribir convenios de cooperación a fin de que estas últimas ejecuten obras de electrificación rural. La función ejecutora del Estado en la electrificación rural, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6° de la Ley, comprende también la ejecución de SER por los Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales y otras entidades. En el marco de la normativa vigente sobre descentralización, la DEP podrá cofinanciar la ejecución de proyectos presentados por los Gobiernos Regionales o Locales, en el marco de los convenios que se suscriban para tal efecto.

Artículo 6°.- Función Promotora

El Ministerio, a través de la DGE, desarrolla la función promotora en electrificación rural. Los procesos de adjudicación para la participación privada son conducidos por PROINVERSIÓN. La promoción comprende las etapas de planeamiento, diseño, inversión, construcción, operación y mantenimiento de los SER, así como los proyectos de electrificación rural cofinanciados por convenios internacionales. Entre los mecanismos para la promoción de la inversión privada en electrificación rural se considerará el subsidio a la inversión para la ejecución de los SER. Dicho subsidio sólo podrá ser otorgado como

resultado de un proceso de promoción de la inversión privada en electrificación rural conducido por PROINVERSIÓN y desarrollado conforme a lo establecido en el Título XIV del Reglamento.

TÍTULO III

RECURSOS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 7°.- Recursos Económicos para la Electrificación Rural

7.1 Los recursos a que se refieren los literales c), d), e), f), g) y h) del artículo 7° de la Ley, descontando el Monto Específico destinado al Mecanismo de Compensación para Sistemas Aislados a que se refiere el artículo 30° de la Ley N° 28832, serán transferidos por las entidades correspondientes al Ministerio, quien transferirá los recursos para su administración a la DEP u otras unidades ejecutoras en lo que corresponda. El monto específico a que se refiere el numeral precedente será transferido directamente por las Empresas Aportantes a las Empresas Receptoras, de acuerdo con lo establecido en el reglamento del Mecanismo de Compensación para Sistemas Aislados, aprobado por D.S. N° 069-2006-EM, o sus modificatorias. 7.2 Para efecto de la transferencia al Ministerio de los recursos a que se refiere el literal e) del artículo 7° de la Ley provenientes del Impuesto a la Renta, el Ministerio dentro de los 3 (tres) primeros meses del año, informará a la superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT, respecto a las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras del sector eléctrico, que durante el ejercicio gravable del año anterior hayan realizado actividades.

La SUNAT, dentro de los 30 (treinta) días hábiles siguientes a la fecha del vencimiento del plazo para presentar la declaración y efectuar el pago de regularización del Impuesto a la Renta correspondiente al Ejercicio gravable del año anterior, informará a la Dirección Nacional de Tesoro Público del Ministerio de Economía y Finanzas respecto a los montos del Impuesto a la Renta pagados por dichas empresas que permitirán calcular los 4/30 (cuatro treintavos) de los ingresos obtenidos por concepto de Impuesto a la Renta, de acuerdo con lo establecido por el literal e) del artículo 7° de la Ley. En aquellas empresas que además de generar, transmitir y/o distribuir energía eléctrica, se dediquen a otras actividades productivas y/o extractivas, el Ministerio deberá determinar un factor a ser aplicado sobre el Impuesto a la Renta pagado por dichas empresas, que se obtendrá de la estructura de costos de la Estadística Anual Manufacturera del Ministerio de la Producción, el cual deberá ser informado a la SUNAT, para efectos de determinar el monto del Impuesto a la Renta pagado por dichas empresas que será utilizado para calcular los recursos a que se refiere el literal e) del artículo 7° de la Ley. Determinados los recursos a que se refiere el literal e) del artículo 7° de la Ley, los mismos serán transferidos por la Dirección General de Tesoro Público del Ministerio de Economía y Finanzas al Ministerio, en seis cuotas, que se harán efectivas mensualmente entre los meses de junio a noviembre de cada año. 7.3 El aporte referido en el inciso h) del artículo 7° de la Ley, constituirá un cargo que las empresas eléctricas aplicarán en los recibos de los usuarios finales, libres y regulados, en función a su consumo mensual de energía. Las empresas eléctricas efectuarán la transferencia correspondiente dentro de los cuarenta (40) días posteriores a la recaudación mensual al Ministerio o a las Empresas Receptoras, en este último caso, de acuerdo con lo que establezca el Procedimiento de Aplicación del Mecanismo de Compensación para Sistemas Aislados que apruebe OSINERGMIN. 7.4 En lo que respecta a la transferencia de los recursos a los que se refiere el literal i) del Artículo 7° de la Ley, los saldos de balance de la Unidad Ejecutora 01 del Ministerio, serán transferidos anualmente a la DEP para su correspondiente incorporación en el presupuesto, en la oportunidad que se requiera. Dicha transferencia será realizada por la Unidad Ejecutora N°

01 del Ministerio, siempre y cuando no afecte los compromisos institucionales ni el normal funcionamiento de la misma. 7.5 Los excedentes de los recursos financieros que se originen al cierre del ejercicio presupuestal, a excepción de los provenientes de la aplicación de los literales a), b), f), g) e i) del artículo 7° de la Ley, deberán ser considerados en el presupuesto del siguiente ejercicio.

Artículo 8°.- Destino y Administración

Los recursos destinados a la promoción de la inversión privada serán administrados por el MEM, de acuerdo a los requerimientos de la DGE. Para tal efecto, la DGE elaborará el respectivo presupuesto.

Artículo 9°.- Recursos para Capacitación de Usos Productivos y Energías Renovables

Los recursos económicos para la educación y capacitación de los usuarios rurales, a fin de promover el uso productivo y eficiente de la electricidad, serán presupuestados por el MEM y utilizados directamente por sus Unidades Ejecutoras o a través de consultores especializados seleccionados por éstas. Para tal efecto, el MEM puede coordinar con las entidades del gobierno nacional encargadas de promover el desarrollo socioeconómico sostenible de las zonas rurales del país.

Los recursos económicos para los programas de desarrollo de uso productivo de la electricidad y el mejor aprovechamiento de los recursos renovables pueden ser asignados bajo la modalidad de concursos, los cuales serán conducidos por el MEM con la asesoría de entidades especializadas en la materia. Podrán participar en estos concursos, tanto personas naturales como personas jurídicas con experiencia en actividades productivas. Las bases de estos concursos serán aprobadas por el Vice Ministro de Energía del Ministerio. Los perfiles de precalificación, los montos de financiamiento y demás aspectos relacionados con los referidos programas se determinarán conforme a las bases.

TÍTULO IV

DESCENTRALIZACIÓN

Artículo 10°.- Descentralización en materia de Electrificación Rural

En concordancia con el último párrafo del artículo 5° del Reglamento, a fin de lograr una efectiva descentralización en la elaboración de planes, proyectos y ejecución de obras, el Ministerio a través de sus Unidades Ejecutoras, en coordinación con la Presidencia del Consejo de Ministros, desarrollará actividades de capacitación, talleres de trabajo y de asistencia técnica dirigidas a consolidar la capacidad de gestión de los Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales. El presupuesto correspondiente podrá ser financiado por la DEP y/o Gobiernos Regionales y/o Locales.

Las actividades de capacitación serán concordadas con los programas anuales de capacitación integral.

TÍTULO V

PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL – PNER

Artículo 11°.- Calificación de los Sistemas Eléctricos Rurales

Se calificarán como SER los proyectos que cumplan con los criterios siguientes:

• **Criterios Técnicos**

En la evaluación técnica es condición básica que el proyecto cumpla con las normas técnicas y de calidad aplicables a la electrificación rural, para satisfacer la proyección de la demanda durante un horizonte de veinte (20) años.

• **Criterios Sociales**

La evaluación social se realizará considerando los precios sombra y que el proyecto cuente con un ratio beneficio/costo superior a la unidad para un horizonte de veinte (20) años.

• **Criterios Económicos**

La evaluación económica del proyecto se realizará considerando los precios de mercado para todos sus componentes de costo, los ingresos vía tarifa incluyendo la recaudación directa de los usuarios y la parte correspondiente de la contribución del FOSE. Cuando corresponda, el subsidio se determinará utilizando la Tasa de Actualización establecida en el artículo 79° de la LCE.

Las ampliaciones de los Sistemas Eléctricos Rurales también serán objeto de calificación.

Artículo 12°.- Plan Nacional de Electrificación Rural – PNER

El PNER constituye un documento de gestión a largo plazo, con un horizonte de planeamiento de diez (10) años, que contiene las políticas, objetivos, estrategias, metodologías, relación de proyectos y fuentes de financiamiento, para el desarrollo ordenado y priorizado de la electrificación rural en el largo plazo. Asimismo, constituye un instrumento vinculante para la acción del Estado y para los inversionistas privados que requieran del subsidio para la ejecución de los Sistemas Eléctricos Rurales. El PNER incluirá los proyectos calificados conforme al artículo anterior.

Artículo 13°.- Criterios de prelación en el PNER

Los criterios para establecer la prelación de los Proyectos calificados en el PNER emanan de la política de electrificación rural. Los criterios de prelación son los siguientes:

1. El menor coeficiente de electrificación rural de la provincia;
2. El mayor índice de pobreza del área geográfica donde se ubica el proyecto;
3. La menor proporción de Subsidio requerido por conexión domiciliaria del proyecto.
4. Mayor ratio de cantidad de nuevas conexiones domiciliarias por monto de inversión.
5. Utilización de energías renovables, en concordancia con el artículo 80° del Reglamento.

Artículo 14°.- Objetivos

El PNER tiene los objetivos siguientes:

1. La ampliación de la frontera eléctrica mediante la ejecución de obras de los Sistemas Eléctricos Rurales, que utilicen tecnologías adecuadas que optimicen sus costos, a fin de lograr el mayor acceso de la población de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, al servicio eléctrico.
2. Proponer la ejecución de Sistemas Eléctricos Rurales de operación sostenible.
3. Impulsar mediante la electrificación rural, el desarrollo socio- económico sostenible de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, a fin de mejorar la calidad de vida de la población rural, fomentando la promoción de usos productivos de la energía.
4. Fomentar el aprovechamiento de fuentes de energía renovable en sistemas de generación distribuida embebidos en las redes de distribución eléctrica.

Artículo 15°.- Formulación del PNER

El Ministerio a través de la DEP, es el encargado de formular el PNER, el mismo que se actualizará anualmente, en concordancia con las políticas sectoriales del Sector Energía y Minas y teniendo en cuenta los Planes de Desarrollo Regional y Local concertados, así como las iniciativas de los entes, programas, proyectos, instituciones e inversionistas privados que contribuyan a elevar el coeficiente de electrificación rural, incrementar la intensidad energética y utilizar la energía eléctrica para usos productivos.

El Ministerio, a través de la DEP, formulará y elaborará el PNER conforme al procedimiento que será aprobado mediante Resolución Ministerial.

Artículo 16°.- Plan a Corto Plazo

El Plan a Corto Plazo es un documento técnico que se desprende del Plan a Largo Plazo, y que deberá aprobarse anualmente. Contiene la relación de proyectos declarados viables por el Sistema Nacional de Inversión Pública, su ubicación geográfica, monto de inversión, presupuesto, metas, e identificación del ejecutor, a desarrollarse durante un ejercicio presupuestal en zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país. El Plan a Corto Plazo podrá ser revisado en la oportunidad que se requiera.

Artículo 17°.- Contenido mínimo del Plan a Corto Plazo

El Plan a Corto Plazo, contendrá por lo menos la información siguiente:

1. La relación de los SER que se ejecutarán en el ejercicio presupuestal, comprendiendo los proyectos de generación distribuida embebida en redes de distribución, transmisión y distribución de energía eléctrica.
2. La ubicación de los proyectos a ejecutarse y la población beneficiada.
3. Los montos de inversión proyectados y su fuente de financiamiento.
4. Fecha estimada de inicio y culminación de obras.
5. Identificación del ente que ejecuta los SER.

Artículo 18°.- Aprobación

El PNER y el Plan a Corto Plazo, serán aprobados por el Titular del Sector Energía y Minas, en la oportunidad correspondiente. La Resolución aprobatoria será publicada en el Diario Oficial El Peruano y los Planes serán difundidos en la página web del Ministerio a partir del día siguiente de dicha publicación.

Artículo 19°.- Sistema de Información de Electrificación Rural – SIER

El Sistema de Información de Electrificación Rural – SIER, constituye la fuente de información estadística oficial de la ejecución del Plan Nacional de Electrificación Rural – PNER.

El Ministerio, a través de la DEP, es el responsable de operar y mantener actualizado el Sistema de Información de Electrificación Rural – SIER.

El SIER contiene la relación de proyectos incorporados al Plan Nacional de Electrificación Rural – PNER, y permite efectuar su seguimiento, desde la formulación del proyecto hasta la operación comercial de los Sistemas Eléctricos Rurales – SER.

Los titulares de Concesión Eléctrica Rural están obligados a presentar a la DEP la información que considere pertinente para mantener actualizado el SIER.

Para tal efecto, el Ministerio dictará las disposiciones correspondientes.

TÍTULO VI

NORMAS TÉCNICAS PARA LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS RURALES

Artículo 20°.- Normas Técnicas Aplicables

El desarrollo de los proyectos y ejecución de obras de los SER, así como su operación y mantenimiento, deberán cumplir con las normas específicas de diseño y construcción, el Código Nacional de Electricidad, los estándares correspondientes de calidad del servicio eléctrico rural, y demás normas aplicables a la electrificación rural.

Artículo 21°.- Punto de Entrega

Las empresas concesionarias de distribución eléctrica están obligadas a permitir la utilización de sus sistemas o redes por parte de los SER. El OSINERGMIN establecerá la remuneración correspondiente.

Artículo 22°.- Norma de Calidad

La aplicación de la norma de calidad deberá considerar las diferentes realidades rurales, sin encarecer los costos de inversión y operación, con estándares de calidad concordantes con la tarifa rural correspondiente.

TÍTULO VII

TARIFA RURAL

Artículo 23°.- Conexión a Usuario

Lo establecido en el artículo 13° de la Ley, incluye todos los costos de conexión en el Valor Agregado de Distribución (VAD), independiente del sistema de medición utilizado, entre los que se encuentran los siguientes: armados de cable de acometida, caja, sistemas de protección y de medición, mástil y murete cuando corresponda.

El OSINERGMIN incorporará en los costos eficientes de la empresa modelo del sector típico correspondiente, la anualidad del Valor Nuevo de Reemplazo (VNR) y el costo de mantenimiento anual de las conexiones eléctricas, considerando:

- El número de usuarios de la empresa modelo.
- Los costos de conexión (presupuestos y costos de mantenimiento de las conexiones) fijados por el OSINERGMIN.
- La vida útil de las conexiones establecida en el Artículo 163° del RLCE.
- La tasa de actualización establecida por la LCE.

Los costos totales se expresarán por unidad de potencia tomando la demanda máxima establecida para la empresa modelo.

La conexión es propiedad de la empresa concesionaria de distribución eléctrica, siendo dicha empresa la responsable de las inversiones requeridas para conexión de nuevos suministros dentro de la concesión eléctrica rural.

Artículo 24°.- Tarifa Eléctrica Máxima

La determinación de la tarifa para el servicio eléctrico rural permitirá la sostenibilidad económica de la electrificación rural y la permanencia en el servicio por parte del usuario. El Precio a Nivel de Generación, el Precio en Barra de los Sistemas Aislados y el Valor

Agregado de Distribución (VAD) para electrificación rural se fijan conforme a lo establecido en la LCE, Ley N° 28832 y sus reglamentos respectivos; considerando las normas especiales establecidas por el presente Reglamento en el marco de la Ley.

El OSINERGMIN incluirá en el VAD el cargo por el concepto de conexión señalado en el Artículo 23° del presente Reglamento, y considerará un fondo de reposición de las instalaciones del SER, el cual, inicialmente, podrá ser 0,16 de la anualidad del Valor Nuevo de Reemplazo (VNR) correspondiente a la inversión por parte del Estado.

Artículo 25°.- Tarifa Eléctrica Rural

La tarifa eléctrica máxima determinada por OSINERGMIN será calculada según el siguiente procedimiento:

El OSINERGMIN fijará los factores de proporción aplicables a las inversiones efectuadas por el Estado, las empresas de distribución u otras entidades. Los factores deben reflejar la proporción de inversiones efectuadas por las empresas u otras entidades.

Cuando las inversiones del SER están constituidas por el 100% de los aportes del Estado, la anualidad del Valor Nuevo de Reemplazo (VNR) se multiplicará por el factor del fondo de reposición que inicialmente podrá ser 0,16. Cuando las inversiones del SER están constituidas por aportes del Estado y de otras entidades, se procederá de la siguiente forma:

El monto de retribución de la inversión se determinará aplicando a la anualidad del VNR de la empresa modelo del sector correspondiente, el factor de proporción (fp) que refleja la proporción de inversiones de otras entidades.

El monto de reposición de la inversión se determinará aplicando a la anualidad del VNR de la empresa modelo del sector correspondiente, el factor uno descontando del factor de proporción (1-fp) y luego se aplicará el factor del fondo de reposición que inicialmente podrá ser 0,16.

Se determinará el monto total a partir de la suma de los montos de retribución y de reposición, más los costos de operación y mantenimiento.

Sobre esta base se establece el Valor Agregado de Distribución ponderado a nivel empresa (VAD-p) aplicable a los SER de dicha empresa.

El OSINERGMIN determinará los medios, formatos y plazos para que los concesionarios de distribución reporten la información necesaria para fijar los factores de proporción mencionados.

Artículo 26°.- Aplicación de tarifa rural

La tarifa aplicable a los usuarios considerará la tarifa eléctrica rural establecida según lo indicado en el artículo 25° del reglamento, y la aplicación de la Ley N° 28307, Ley que crea el Fondo de Compensación Social (FOSE), y sus modificatorias.

Artículo 27°.- Sector Típico del SER

El OSINERGMIN realizará la clasificación de los SER, de acuerdo a la metodología aprobada por la DGE conforme a lo establecido en el artículo 145° del RLCE.

TÍTULO VIII

CAPÍTULO I

CONCESIÓN ELÉCTRICA RURAL

Artículo 28°.- Concesión Eléctrica Rural

Los Sistemas Eléctricos Rurales requerirán de concesión eléctrica rural, para una o más de las actividades siguientes:

1. La generación de energía eléctrica distribuida embebida en redes de distribución que utilice recursos renovables y no renovables,
2. La transmisión de energía eléctrica, cuando las instalaciones afecten bienes del Estado y/o requieran la imposición de servidumbre por parte de éste;
3. La distribución de energía eléctrica con carácter de Servicio Público de Electricidad. Para tales efectos, la DEP realizará el trámite de obtención de concesión eléctrica rural de los Sistemas Eléctricos Rurales que ejecute, y mantendrá la titularidad en tanto se culminen las obras correspondientes. Una vez concluidas las obras, la concesión eléctrica rural será transferida a la empresa concesionaria de distribución eléctrica de propiedad estatal o a ADINELSA, de ser el caso.

En el caso de inversionistas privados, la concesión será solicitada por el adjudicatario favorecido en el concurso de promoción de la inversión privada que se desarrolle conforme a lo dispuesto en el Título XIV del Reglamento.

Artículo 29°.- Alcance

La concesión eléctrica rural comprende el derecho a ejecutar los Sistemas Eléctricos Rurales, el derecho a obtener la imposición de las servidumbres necesarias, el derecho al Subsidio y la obligación de desarrollar la actividad eléctrica.

Artículo 30°.- Requisitos

Para la obtención de concesión eléctrica rural, se deberá presentar a la DGE, los siguientes datos y requisitos:

1. Identificación y domicilio legal del peticionario;
2. Memoria descriptiva y planos del Proyecto;
3. Calendario de ejecución de las obras;
4. Presupuesto del Proyecto;
5. Especificación de las servidumbres requeridas;
6. Delimitación de la zona de concesión;
7. Declaración jurada de impacto ambiental según lo dispuesto en el Título IX del Reglamento.

La obtención de concesión eléctrica rural no está sujeta a pago por derechos por tramitación.

Artículo 31°.- Procedimiento y Contrato

La presentación de los requisitos señalados anteriormente, solicitando el otorgamiento de la Concesión Eléctrica Rural, tiene el carácter de declaración jurada, debiendo expedir la DGE, la Resolución correspondiente en el término perentorio de cinco (5) días hábiles.

En la Resolución se designará al funcionario que, en su oportunidad, suscriba el Contrato de Concesión.

El Contrato de Concesión será suscrito por quien resulte el operador de los Sistemas Eléctricos Rurales o adjudicatario del Concurso, según el mecanismo que se emplee para su asignación conforme a lo previsto en los Títulos XII y XIV del Reglamento, respectivamente.

Artículo 32°.- Carácter exclusivo

La Concesión Eléctrica Rural tiene carácter exclusivo dentro de la zona de concesión. No podrá ser reducida sin autorización de la DGE. La reducción sólo procede cuando no se afecte la prestación del servicio a ningún usuario.

La Concesión Eléctrica Rural podrá ser ampliada por iniciativa de su titular, aplicando lo establecido en el artículo 28° del Reglamento y sin perjuicio de las disposiciones sobre la Tarifa Rural. Las ampliaciones podrán ser financiadas con los recursos destinados para la promoción de la inversión en electrificación rural, sin perjuicio de la potestad de los Gobiernos Regionales y Locales para financiar la ejecución de obras de electrificación rural.

CAPÍTULO II

CADUCIDAD Y RENUNCIA DE LA CONCESIÓN

Artículo 33°.- Término de la concesión

La Concesión Eléctrica Rural termina por declaración de caducidad o renuncia; en ambos casos revertirán al Estado los derechos y bienes de la concesión que se requieran para continuar con su operación.

Artículo 34°.- Caducidad

La caducidad de la Concesión Eléctrica Rural será declarada por Resolución Directoral. Los derechos y los bienes de la concesión serán subastados públicamente.

Del valor obtenido en la subasta, se deducirán los gastos incurridos por la intervención administrativa y por la subasta, y el saldo será entregado al ex concesionario.

La caducidad declarada determina el cese inmediato de los derechos del titular de la Concesión Eléctrica Rural.

Los acreedores del titular de la concesión declarada en caducidad, no podrán oponerse por ningún motivo a la subasta antes señalada.

Artículo 35°.- Causales de caducidad

La concesión eléctrica rural caduca cuando:

1. El concesionario deje de operar sus instalaciones sin causa justificada, por 876 horas acumuladas durante un año calendario;
 2. El concesionario, luego de habersele aplicado las multas correspondientes, no cumpla con sus obligaciones de dar servicio en los plazos prescritos y de acuerdo a los estándares de calidad, y
 3. El concesionario incumpla cualquiera de las obligaciones contractuales.
-

Artículo 36°.- Procedimiento para declarar la caducidad

La tramitación de la caducidad de la concesión, seguirá el procedimiento siguiente:

1. La DGE formará un expediente, en el cual se sustentará la causal de caducidad, debiendo notificar este hecho al concesionario por vía notarial;
2. El concesionario, una vez recibida la notificación a que se refiere el numeral precedente, podrá efectuar los descargos y presentar las pruebas que considere convenientes a su derecho, dentro del plazo de diez (10) días hábiles contados desde la fecha de notificación de la carta notarial;
3. Evaluadas las pruebas por la DGE la declaratoria de caducidad, de ser procedente, se resolverá por Resolución Directoral en un plazo máximo de veinte (20) días hábiles contados a partir de la notificación al concesionario de la causal de la caducidad; y,
4. En la Resolución Directoral que declara la caducidad, deberá designarse las respectivas personas naturales o jurídicas que se encarguen de llevar a cabo la intervención administrativa y la subasta de los bienes y derechos de la concesión.

Artículo 37°.- Contradicción judicial

El titular de la Concesión Eléctrica Rural podrá contradecir la declaratoria de caducidad ante el Poder Judicial en la vía que corresponda. La demanda deberá ser interpuesta de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 27584, Ley que regula el proceso Contencioso Administrativo, y sus normas complementarias y modificatorias.

En este caso, la intervención se mantendrá hasta que se resuelva definitivamente la causa mediante resolución judicial expedida en última instancia. Sancionada definitivamente la caducidad de una concesión, el Ministerio procederá a subastar públicamente los derechos y los bienes de la concesión.

Artículo 38°.- Renuncia de la Concesión

El concesionario podrá renunciar a la Concesión Eléctrica Rural, comunicando este hecho a la DGE con una anticipación no menor de un año.

La DGE evaluará la renuncia y expedirá la respectiva Resolución Directoral, determinando la fecha en que ésta se haga efectiva.

Aceptada la renuncia, se designará un Interventor de las operaciones del concesionario eléctrico rural, hasta el cumplimiento del plazo respectivo, y se procederá a la subasta de los derechos y los bienes de la concesión, de acuerdo a la directiva que emitirá la DGE.

TÍTULO IX**DECLARACIÓN JURADA AMBIENTAL****Artículo 39°.- Declaración Jurada Ambiental**

Únicamente, las instalaciones de transmisión que integren los SER, deberán contar con Estudio de Impacto Ambiental. Dicho estudio tendrá el carácter de Declaración Jurada y bastará su sola presentación ante la DGAAE del Ministerio.

En los demás casos, sólo se requerirá la presentación ante la DGAAE de una Declaración Jurada de Impacto Ambiental.

TÍTULO X

LIBRE ACCESO A LAS REDES EXISTENTES

Artículo 40°.- Conexión del SER

Los concesionarios que operan bajo el régimen de la LCE y la Ley N° 28832, están obligados a otorgar el libre acceso para la conexión del SER a sus instalaciones eléctricas. La conexión del SER no deberá afectar la operación técnica de los sistemas eléctricos involucrados.

El libre acceso conlleva la obligación de efectuar las coordinaciones correspondientes, así como el intercambio de información necesaria para realizar los estudios de ingeniería.

El libre acceso deberá ser previamente coordinado y estará sujeto al pago de los costos involucrados en las ampliaciones o refuerzos de las instalaciones eléctricas afectadas y a la remuneración por el uso de las instalaciones, de acuerdo a lo establecido por OSINERGMIN.

TÍTULO XI

SERVIDUMBRE RURAL

Artículo 41°.- Imposición de Servidumbre Rural

Las servidumbres requeridas para los SER, son de utilidad pública y de preferente interés público, y serán impuestas por la DGE.

El uso de bienes públicos o de dominio público no da lugar a pago de compensación alguna, únicamente se indemnizará los daños y perjuicios que puedan generarse.

Artículo 42°.- Tipos de Servidumbre

Las servidumbres podrán ser:

1. De acueductos, embalses y de obras hidroeléctricas;
2. De electroductos para establecer subestaciones de transformación, líneas de transmisión y redes de distribución;
3. De ocupación de bienes de propiedad particular indispensables para la instalación de subestaciones de distribución para Servicio Público de Electricidad;
4. De sistema de telecomunicaciones; 5. De paso para construir vías de acceso; y, 6. De tránsito para custodia, conservación y reparación de las obras e instalaciones.

Artículo 43°.- Solicitud

Las solicitudes para imponer una servidumbre rural, deberán ser presentadas por la DEP o por el concesionario, según corresponda, con los siguientes datos y requisitos:

1. Identificación y domicilio legal del solicitante;
 2. Naturaleza, tipo y duración de la servidumbre;
 3. Breve justificación técnica y económica;
 4. Relación de los predios a ser gravados, señalando el nombre y domicilio de cada propietario o poseionario,
-

si fuese conocido. Cuando el propietario del predio no sea conocido, o fuere incierto o se ignore su domicilio, o en cualquier otra situación análoga que impida conocer, determinar o localizar al propietario o poseedor, el solicitante deberá adjuntar declaración jurada de haber agotado todos los medios para establecer la identidad y el domicilio del propietario o posesionario;

5. Breve descripción de la situación y uso actual de los predios y aires por gravar;
6. Coordenadas UTM (PSAD56) y planos donde aparezca el área de la servidumbre solicitada de cada uno de los predios con cuyos propietarios no exista acuerdo sobre el monto de la compensación;
7. En los casos en que no exista acuerdo entre las partes debidamente acreditado, el solicitante deberá presentar la propuesta de compensación, cuando corresponda; 8. Otros que el concesionario juzgue necesarios.

Las especificaciones de servidumbre a que se contrae el numeral 4) precedente, contendrán los tipos de servidumbres requeridas y sus principales características técnicas.

Artículo 44°.- Derechos

Las servidumbres que se establezcan comprenderán también las de caminos de acceso y edificaciones, tanto para su operación como para su mantenimiento.

Las servidumbres de electroducto que se impongan para las instalaciones de transmisión y de distribución, ya sean aéreas y/o subterráneas, comprende:

1. Ocupación de la superficie del suelo, subsuelo y/o de sus aires, necesarios para la instalación de las subestaciones de transformación;
2. Ocupación de la superficie necesaria y de sus aires, para la instalación de las estructuras de sustentación de conductores eléctricos, así como de la faja de los aires o del subsuelo en el que éstos se encuentren instalados; y,
3. Delimitación de la zona de influencia del electroducto, en caso de ser aéreo, representada por la proyección sobre el suelo de la faja de ocupación de los conductores, cuyo ancho se determinará, en cada caso, de acuerdo a las disposiciones de las normas técnicas. Ni el propietario ni el posesionario del predio sirviente podrán construir sobre la faja de servidumbre impuesta para conductores eléctricos subterráneos, ni efectuar obras de ninguna clase y/o mantener plantaciones cuyo desarrollo supere las distancias mínimas de seguridad, debajo de las líneas ni en la zona de influencia de los electroductos, definida en el numeral 3) del presente artículo.

Para efectuar labores con uso de explosivos a una distancia menor a 5000 metros de las instalaciones de una central hidroeléctrica o a 200 metros del eje de un electroducto se deberá obtener autorización previa del respectivo titular, demostrando que se han tomado todas las precauciones que el caso exige, con opinión antelada y favorable de defensa civil.

Artículo 45°.- Subsanación

Si la solicitud de servidumbre no reúne los requisitos señalados en el artículo anterior será observada por la DGE, y sólo se admitirá a trámite si es subsanada la observación dentro del plazo de diez (10) días hábiles contados a partir del día siguiente de la notificación de la observación. Caso contrario, la solicitud será declarada inadmisibles por la DGE.

Artículo 46°.- Notificación

Una vez admitida la solicitud, la DGE notificará a los propietarios o posesionarios, con los que no exista acuerdo económico, adjuntando copia de la solicitud y de los documentos

que la sustentan. Los propietarios deberán exponer su opinión dentro del plazo máximo de diez (10) días hábiles.

Cuando el propietario del predio o poseionario no sea conocido, o fuere incierto o se ignore su domicilio, o en cualquier otra situación análoga que impida conocer, determinar o localizar al propietario o poseedor, la DGE notificará al solicitante con el modelo del aviso para que lo publique, a su cargo, dentro del plazo de diez (10) días hábiles de notificado. La publicación se efectuará por dos (2) días hábiles consecutivos en el Diario Oficial "El Peruano" y en uno de los diarios de mayor circulación del lugar donde se encuentra ubicado el predio. Dentro del plazo de tres (3) días hábiles de notificado con el aviso, el solicitante presentará a la DGE las páginas completas de los diarios antes referidos donde aparezca la publicación ordenada.

Artículo 47°.- Valorización

Se procederá a determinar el monto de la compensación y/o de la indemnización, si fuera el caso, que debe ser pagada por el solicitante, si no ha sido materia de acuerdo entre las partes.

Para tal efecto, la DGE encargará la valorización de la compensación y/o de la indemnización, si fuera el caso, por las áreas por ser gravadas, a cualquier institución especializada. El pago de los honorarios correspondientes a la entidad encargada de la valorización será de cargo del solicitante.

Artículo 48°.- Modificación

La Resolución que emita la DGE estableciendo o modificando la servidumbre, sólo podrá ser contradicha en la vía judicial, únicamente en lo que se refiere al monto fijado como compensación y/o indemnización.

Artículo 49°.- Acumulación

Procede acumular en una solicitud dos o más tipos de servidumbres, cuando éstas correspondan a un mismo SER.

Artículo 50°.- Extinción

La DGE a pedido de parte o de oficio, declarará la extinción de las servidumbres establecidas cuando:

1. Quien solicitó la servidumbre no lleve a cabo las instalaciones u obras respectivas dentro del plazo señalado al imponerse la misma;
2. El propietario conductor del predio sirviente demuestre que la servidumbre permanece sin uso por más de doce meses consecutivos;
3. Sin autorización previa se destine la servidumbre a fin distinto para el cual se solicitó; y,
4. Se dé término a la finalidad para la cual se constituyó la servidumbre.

TÍTULO XII

TRANSFERENCIA DE OBRAS Y SUMINISTROS

Artículo 51°.- Activos

Son objeto de transferencia los SER en forma integral, o sus activos componentes, sean instalaciones, obras, servidumbres, equipos, materiales, estudios o cualquier otro comprendido en los SER.

Artículo 52°.- Oportunidad

1. Sistemas Integrales

La oportunidad de transferencia de un SER integral debe ser coincidente con su puesta en operación comercial.

La DEP y el destinatario de la transferencia deben acordar con anticipación a fin que este último inicie la operación comercial.

La transferencia se realiza en forma independiente del cierre contable del contrato de obra, manteniendo la DEP la responsabilidad de dicho cierre.

2. Componentes de sistemas La transferencia de algún componente de un SER debe ser en la oportunidad que se concrete físicamente.

Artículo 53°.- Transferencia de obras ejecutadas por la DEP

La transferencia de obras de los SER se realizará a título gratuito a favor de las empresas concesionarias de distribución de propiedad estatal o a ADINELSA, según los criterios establecidos en el artículo siguiente. Para tal fin el Ministerio emitirá la correspondiente Resolución Ministerial. Las empresas registrarán las obras a valor de tasación, incrementando su capital social, y emitiendo las acciones correspondientes a nombre de FONAFE o del Gobierno Regional en caso de Empresas Regionales de su propiedad. De resultar el valor de la tasación menor al valor en libros, el Ministerio registrará la correspondiente pérdida por desvalorización.

Las inversiones adicionales que sean requeridas para subsanar deficiencias en la construcción de acuerdo a las normas técnicas de electrificación rural y/o para ampliar la cobertura del Servicio Eléctrico Rural serán financiadas por la DEP con los recursos para electrificación rural a que se refiere el artículo 7° de la Ley. La DEP efectuará anualmente la transferencia correspondiente, de acuerdo al presupuesto elaborado conjuntamente entre la DEP y la empresa concesionaria de distribución estatal o ADINELSA.

Artículo 54°.- Criterios para la transferencia de obras

La transferencia a los destinatarios señalados en el artículo 18° de la Ley, sin perjuicio de su inclusión en el proceso de promoción de la inversión privada, se realizará de la siguiente manera:

1. Los SER serán transferidos a favor de las empresas concesionarias del Estado, en tanto el Ministerio así lo considere pertinente.

2. Aquellos SER que no sean entregados a las Empresas Concesionarias del Estado, serán transferidos a ADINELSA, la cual celebrará convenios de operación y mantenimiento con las empresas concesionarias del Estado, quienes están obligadas a suscribirlos

3. Para la aplicación de los puntos 1 y 2 precedentes, se emplearán los siguientes criterios de asignación en orden descendente de prelación:

- a) El SER que se ubique en una provincia en cuyo ámbito se cuente con suministro de electricidad abastecido por una concesionaria de distribución, será transferido o entregado mediante convenio para operación y mantenimiento a dicha concesionaria, según sea el caso.
- b) Aquel SER que se ubique en dos o más provincias en cuyo ámbito se cuente con suministro de electricidad abastecido por dos concesionarias de distribución estatal, será transferido o entregado mediante convenio para operación y mantenimiento, a aquella empresa que se encuentre relacionada eléctricamente como sistema o cuente con la mayor facilidad de acceso terrestre, según sea el caso.
- c) Aquel SER que se ubique en una provincia en cuyo ámbito no cuente con suministro de electricidad abastecido por una concesionaria de distribución estatal, será transferido o entregado mediante convenio para operación y mantenimiento, a aquella empresa estatal que provea abastecimiento a otra provincia del mismo departamento o a la que cuente con mayor facilidad de acceso terrestre, según sea el caso. En cualquier caso se podrán celebrar convenios de operación y mantenimiento con empresas privadas.

Artículo 55°.- Transferencia de materiales

Para la transferencia de materiales y equipos electromecánicos a los Gobiernos Regionales y Locales, el Ministerio a través de la DEP, celebrará con éstos convenios interinstitucionales, debiendo la empresa concesionaria estatal que se encargue de la administración, operación y mantenimiento verificar la correcta ejecución de la obra, a costo del Gobierno Regional o Local, según corresponda, de acuerdo a las normas técnicas de electrificación rural.

En caso que el punto de alimentación lo otorgue una empresa privada, corresponde a ADINELSA encargarse a costo del Gobierno Regional o Local, según corresponda, verificar la correcta ejecución de la obra, de acuerdo a las normas técnicas antes mencionadas.

El Ministerio formalizará la transferencia de materiales y equipos electromecánicos mediante Resolución Ministerial.

Artículo 56°.- Criterios aplicables para la operación y mantenimiento de las obras financiadas y ejecutadas por los Gobiernos Regionales y Locales

Los SER financiados y ejecutados por los Gobiernos Regionales y Locales, serán materia de contratos de operación y mantenimiento a título gratuito, suscritos con las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal o ADINELSA, según corresponda. Para

tal efecto, durante la ejecución de la obra las referidas empresas deberán encargarse, a costo del Gobierno Regional o Local según corresponda, de verificar la correcta ejecución de la obra de acuerdo a las normas técnicas de electrificación rural.

Los contratos antes mencionados tendrán una duración mínima de treinta (30) años y deben contener cláusulas que estipulen que la responsabilidad de la administración, comercialización, mantenimiento y operación del SER, serán de cargo de la empresa concesionaria de distribución eléctrica de propiedad estatal o de ADINELSA, según corresponda.

Artículo 57°.- Consideraciones para el Cálculo de la Tarifa

Los activos componentes del SER, señalados en el artículo 51° del Reglamento, que sean transferidos directamente, son aquellos que deben considerarse para fines del cálculo de la tarifa eléctrica rural.

Para los SER de propiedad de los gobiernos regionales y locales entregados en cesión en uso, las empresas concesionarias que se encarguen de su operación y mantenimiento, deberán ceñirse a lo dispuesto en el artículo 25° del Reglamento.

Artículo 58°.- Obligaciones emanadas de la transferencia

El receptor, en relación con los activos transferidos, tiene las obligaciones establecidas en los artículos 31°, 33° y 34° de la CE.

Artículo 59°.- Criterios para activos de ADINELSA

Los criterios para la entrega en concesión de explotación, por transferencia de los SER o, por servicios de Explotación de propiedad de ADINELSA son aquellos señalados en el Título XIV del Reglamento.

Artículo 60°.- Prohibición de venta en bloque de energía eléctrica para clientes de electrificación rural

Las empresas concesionarias de distribución eléctrica están prohibidas de vender o facturar en bloque la energía eléctrica para clientes de electrificación rural.

TÍTULO XIII

COMITÉ DE COORDINACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 61°.- Organización

El Comité de Coordinación de Electrificación Rural está integrado por ocho (8) miembros.

- El Viceministro de Energía del Ministerio, quien lo presidirá;
- El Director Ejecutivo de Proyectos del Ministerio, quien actuará como Secretario Técnico;
- El Director General de Electricidad del Ministerio;
- Un representante del OSINERGMIN;
- Un representante de las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal, designado por el Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado - FONAFE;
- Un representante designado por la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM);
- El Presidente del Directorio de ADINELSA; y,
- Un representante de la Unidad Ejecutora N° 003– FONER del Ministerio;

Artículo 62°.- Funciones

El Comité de Coordinación de Electrificación Rural tendrá las siguientes funciones:

1. Coordinar en forma oportuna con otros sectores del Estado competentes en materia de promoción del sector rural y los Gobiernos Regionales y Locales, Entidades Privadas Nacionales y Extranjeras para complementar las acciones tendentes a la implementación de proyectos de interés común;
2. Servir de apoyo a la DEP en el desarrollo de las funciones que le asigna la Ley y el Reglamento, canalizando información de otros sectores que promueven el desarrollo socio – económico del sector rural.

Artículo 63°.- Sesiones

El Comité de Coordinación de Electrificación Rural se reunirá por lo menos cuatro (4) veces al año y en forma extraordinaria cuando lo convoque el Presidente, a propia iniciativa o a solicitud de por lo menos dos (2) de sus miembros.

Para sesionar se requiere la mitad de los miembros del Comité de Coordinación de Electrificación Rural.

El Secretario Técnico del Comité de Coordinación de Electrificación Rural preparará la agenda de cada sesión, debiendo entregarla al Presidente y a los miembros del Comité de Coordinación de Electrificación Rural, con una anticipación de tres (3) días hábiles de su realización. Podrán concurrir otras personas en calidad de invitados, para tratar temas específicos de la agenda, para lo cual el Secretario del Comité de Coordinación de Electrificación Rural deberá proponer al Presidente la participación de éstos con una anticipación de siete (7) días calendarios de su realización.

En ausencia del Presidente del Comité de Coordinación de Electrificación Rural, actuará como tal el Director Ejecutivo de Proyectos del Ministerio y actuará como Secretario quien designe el Comité de Coordinación de Electrificación Rural entre los miembros concurrentes.

Artículo 64°.- Adopción de Acuerdos del Comité de Coordinación de Electrificación Rural

Para la validez de los acuerdos se requiere, en todos los casos, el voto conforme de más de la mitad de los miembros del Comité de Coordinación de Electrificación Rural. En caso de empate, el Presidente tendrá voto dirimente.

Artículo 65°.- Registro de Acuerdos

Los acuerdos adoptados en las sesiones del Comité de Coordinación de Electrificación Rural, deberán constar en actas, que serán redactadas por el Secretario Técnico del Comité de Coordinación de Electrificación Rural, incluyendo la agenda original de las principales conclusiones de la sesión celebrada. Una vez suscrita por todos los asistentes, una copia del acta será distribuida entre sus miembros.

El Secretario Técnico del Comité de Coordinación de Electrificación Rural será el encargado del archivo y custodia de las actas.

TÍTULO XIV**PROMOCIÓN DE LA INVERSIÓN PRIVADA EN ELECTRIFICACIÓN RURAL****Artículo 66°.- Promoción de la inversión privada**

La promoción de la inversión privada se realiza mediante las modalidades siguientes:

1. Concursos,
2. Iniciativa Privada; y,
3. Otras modalidades comprendidas en la normativa vigente.

Artículo 67°.- Destino de Recursos

El subsidio que corresponda para la promoción de la inversión privada, estará dirigido al financiamiento de:

1. Elaboración de estudios para Proyectos.- Aquellos que tomen la iniciativa en la elaboración del Proyecto deben cubrir con su propio presupuesto por lo menos el setenta (70%) por ciento de los costos de los estudios;
2. Adquisición de equipos y materiales requeridos por SER; y,
3. Construcción del SER.

Artículo 68°.- Objeto

Es objeto de promoción de la inversión privada las siguientes actividades relacionadas con la electrificación rural.

1. Elaboración de los estudios para el desarrollo de los SER;
2. Desarrollo integral de los SER, que incluye elaboración de estudios, ejecución de obras, operación y mantenimiento de los mismos;
3. Operación y mantenimiento de los SER de propiedad de ADINELSA, o transferencia de los mismos.

Artículo 69°.- Preferencia de la Participación Privada

Las entidades del Estado que tomen la iniciativa en la presentación de proyectos SER calificados, deberán efectuar una solicitud a la DGE, quien evalúa la opción de efectuar el concurso de promoción de la inversión privada de desarrollo integral de los SER, que es conducido por PROINVERSIÓN.

De no haber inversionistas privados interesados, dichos proyectos podrán ser ejecutados por la entidad que lo haya presentado.

Artículo 70°.- Procesos Descentralizados

Los concursos para la elaboración de estudios para el desarrollo de los SER, podrán estar a cargo de los Gobiernos Regionales y Locales.

Artículo 71°.- Concursos

Los concursos que conduzca PROINVERSIÓN se rigen por las normas de promoción de la inversión privada correspondientes.

La variable de decisión, para los concursos destinados al desarrollo integral de los SER, es el menor subsidio, cuyo monto referencial será determinado por el Ministerio.

La variable de decisión para los concursos destinados a la operación y mantenimiento de los SER de propiedad de ADINELSA, o transferencia de los mismos, será la que determine el Ministerio.

Artículo 72°.- Coordinación

PROINVERSIÓN coordinará los concursos con el Ministerio, los Gobiernos Regionales y Locales, a fin que su ejecución guarde relación con la prelación establecida en el PNER, excepto aquellos derivados de la iniciativa privada que tienen referencia.

Artículo 73°.- Participación de empresas estatales

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 21° de la Ley, las concesionarias de distribución de electricidad de propiedad del Estado bajo la LCE, pueden participar en igualdad de condiciones con las empresas de propiedad privada, en los concursos para ejecutar las actividades señaladas en el artículo 63° del Reglamento.

Artículo 74°.- Iniciativa privada de Proyectos

Los Proyectos que surjan de la iniciativa privada deberán ser calificados como SER por el Ministerio, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 11° del Reglamento.

Artículo 75°.- Concurrencia de iniciativas

En caso se presenten concurrencia de iniciativas para concursos, el Ministerio, a través de la DGE, seleccionará la mejor alternativa tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Mejor aprovechamiento de los recursos naturales.
- El menor plazo de ejecución de las obras.

De persistir la igualdad, se seleccionará la que tenga el menor subsidio.

La solicitud seleccionada será remitida a PROINVERSIÓN para los efectos correspondientes.

Artículo 76°.- Reembolso del costo del estudio

Sí el adjudicatario de la Buena Pro no es el titular de la iniciativa privada, deberá rembolsar al titular el monto señalado en el presupuesto como costo del estudio. Esta condición no aplica cuando el titular de la iniciativa privada no se presenta al concurso.

TÍTULO XV**FISCALIZACIÓN****Artículo 77°.- Fiscalización**

La fiscalización de los SER deberá efectuarse únicamente de acuerdo a las Normas Técnicas para el ámbito rural aprobadas por la DGE.

Artículo 78°.- Responsables

El OSINERGMIN fiscalizará el cumplimiento de la Ley, el Reglamento y demás normas aplicables a la electrificación rural e impondrá las sanciones que correspondan.

El Ministerio, a través de la DGE, sobre la base del informe que remita el OSINERGMIN, declarará la caducidad de la concesión eléctrica rural.

TÍTULO XVI

RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES

Artículo 80°.- Promoción

El Ministerio promoverá la investigación sobre las tecnologías para la utilización de los recursos energéticos renovables con la participación de las universidades, empresas e instituciones especializadas, de acuerdo con la Ley N° 28546, “Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales, aisladas y de frontera del País”.

Artículo 81°.- Prioridad

En cada proyecto de SER ubicado en zonas donde no sea factible técnica o económicamente su abastecimiento desde redes existentes, deberá evaluarse prioritariamente el uso de fuentes de energía renovables como minicentrales hidroeléctricas, biomasa, eólica, solar y geotérmica.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS

Primera.- La transferencia de obras a la que se refiere el artículo 53° del Reglamento, comprende las obras que no hayan sido transferidas a la fecha de la publicación de la Ley.

Segunda.- Los Convenios de cooperación, donación y/o financiamiento con organismos internacionales, que contribuyan con la ampliación de la frontera eléctrica o la electrificación rural del país, se regirán por sus propias disposiciones.

La promoción, negociación y entrega por parte de la Unidad Ejecutora N° 03 del MEM, de subsidios en dinero o en especie, a favor de empresas privadas o empresas estatales de derecho privado, es considerada como una modalidad de promoción de inversión privada en electrificación rural, a los efectos del artículo 22° de la Ley y el Título XIV del Reglamento.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera.- Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos Rurales

Dentro del plazo de noventa (90) días calendario contados a partir de la publicación del Reglamento, deberá aprobarse la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos Rurales, mediante Decreto Supremo refrendado por el Ministro de Energía y Minas.

Segunda.- Norma Técnica de Diseño y Construcción

Dentro del plazo de doce (12) meses contados a partir de la publicación del Reglamento, se aprobarán las Normas Técnicas de Diseño y Construcción aplicables a los sistemas a base de energías renovables para electrificación rural, mediante resolución Directoral de la DGE.

Tercera.- Transferencia de activos de ADINELSA

Dentro del plazo de seis (6) meses contados a partir de la publicación del Reglamento, ADINELSA, en coordinación con la DGE y PROINVERSIÓN, deberá analizar y determinar aquellos SER de su propiedad que puedan ser objeto de un concurso de promoción de la inversión privada, para lo cual coordina con el Comité Especial de Promoción de la Inversión Privada, para la ejecución del concurso o licitación respectiva.

Cuarta.- Tarifas eléctricas

Dentro del plazo de doce (12) meses, contados a partir de la publicación del Reglamento, OSINERGMIN a partir de la tarifa del Sector de Distribución Típico 5 y los costos de conexión regulados, aprobará la tarifa eléctrica rural a nivel de cada empresa aplicando los factores de proporción señalados en el Artículo 25° del Reglamento, a efectos que sea de aplicación en lo que queda del periodo tarifario en curso.

Quinta.- Normas y Procedimientos

Dentro del plazo de noventa (90) días calendario contados a partir de la publicación del Reglamento, el Ministerio aprobará el Procedimiento para la elaboración del PNER mediante Resolución Ministerial.

Sexta.- Fiscalización de Sistema Rurales

A partir de la publicación del presente Reglamento, los actuales Sectores de Distribución Típicos 4 y 5 serán fiscalizados de acuerdo a las normas técnicas para electrificación rural.

Séptima.- Exigencia de Declaración Jurada Ambiental y trámite de Servidumbre a SER existentes.

Dentro del plazo de seis (6) meses contados a partir de la publicación del Reglamento, los concesionarios que operen los actuales Sectores de Distribución Típicos 4 y 5 deberán adecuarse a lo dispuesto en el Título IX del Reglamento.

Octava.- Sistema de Información de Electrificación Rural – SIER

El Ministerio, a través de la DEP, implementará progresivamente, en el plazo de dos (2) años, un Sistema de Información de Electrificación Rural – SIER.

Novena.- Adecuación de Estudios

Los estudios definitivos que a la fecha de publicación de la Ley hayan sido elaborados con normas distintas a las aprobadas por el Ministerio sobre electrificación rural, deberán adecuarse a éstas, previo a la ejecución de obra.

Décima.- Sistema de Contabilidad de Costos para los SER

Dentro del plazo de doce (12) meses contados a partir de la publicación del Reglamento, las empresas concesionarias de distribución de propiedad estatal deberán implantar un Sistema de Contabilidad de Costos para los SER.

Décimo Primera.- Revisión del Factor de Reposición

El factor del fondo reposición a que se refiere el Artículo 25° del Reglamento, será revisado en la oportunidad de la fijación de la tarifa rural. El factor de reposición que sirve de base para el cálculo del factor del fondo de reposición del VNR será calculado tomando como referencia una vida útil de 30 años y la tasa de interés pasiva de mercado (tasa de interés efectiva anual) de moneda nacional establecida por la Superintendencia de Banca y Seguros, vigente al último día hábil del año anterior a la fijación tarifaria.

El factor del fondo de reposición aplicable al VNR resulta de dividir el factor de reposición sobre el factor de la anualidad del VNR, éste último calculado acorde a lo señalado en la LCE.

Décimo Segunda.- Aprobación del PNER

Los proyectos comprendidos en el PNER aprobado en el 2006, se considerarán calificados para efectos de la Ley y el presente Reglamento.

Décimo Tercera.- Competencia del FONER

Mientras se encuentra en ejecución el FONER, los proyectos solicitados por las empresas de distribución de propiedad estatal que superen las 1000 conexiones domiciliarias y tengan un consumo superior a los 22 kWh mensual serán realizados por la Unidad Ejecutora N° 003.

Décimo Cuarta.- Aplicación del numeral 7.2 del artículo 7° del Reglamento para el año 2007.

Para la aplicación del numeral 7.2 del artículo 7° del Reglamento durante el año 2007, ampliése de manera excepcional el plazo señalado en el primer párrafo de dicha norma en cuarenta y cinco (45) días calendario.

DISPOSICIONES FINALES**Primera.- Transferencia de materiales y equipos a empresas concesionarias de distribución eléctrica o a ADINELSA.**

Sin perjuicio de lo dispuesto en el Artículo 55° del Reglamento, el Ministerio podrá transferir materiales y equipos electromecánicos de los que disponga a las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal o a ADINELSA, bajo la modalidad de donación.

Segunda.- Recepción de obras e instalaciones construidas por FONCODES.

Las empresas de distribución estatales recibirán a título gratuito las obras e instalaciones que hayan sido construidas por FONCODES, previo saneamiento técnico y legal que deberá efectuar la mencionada entidad, aplicando las normas técnicas y legales sobre Electrificación Rural.

Tercera.- Emisión de normas complementarias al presente Reglamento.

La DGE emitirá las normas complementarias que se requieran para la aplicación del presente Reglamento.

Cuarta.- Aplicación del aporte al que se refiere el literal h) del artículo 7° de la Ley.

El aporte de los usuarios de electricidad a que hace referencia el literal h) del artículo 7° de la Ley, será aplicable a partir del día siguiente de la entrada en vigencia del presente Reglamento. Las empresas eléctricas responsables de su recaudación deberán efectuar las gestiones pertinentes a fin de incorporar este aporte como un rubro adicional en sus facturaciones.

ANEXO DE DEFINICIONES

1. Concesión Eléctrica Rural: Es el título habilitante que otorga el Estado a las personas naturales o jurídicas, privadas o públicas, nacionales o extranjeras, para el desarrollo de las actividades eléctricas en los Sistemas Eléctricos Rurales y gozar de los beneficios que otorga la Ley.

2. Subsidio: Es el Mecanismo destinado a contribuir a la sostenibilidad económica de los Sistemas Eléctricos Rurales. Puede ser otorgado mediante la entrega de dinero en efectivo para la elaboración de estudios, ejecución integral de proyectos y/o la entrega de bienes e instalaciones eléctricas que conforman un SER.

Otorgan concesiones a Electroandes S.A. para desarrollar estudios relacionados con la actividad de generación de energía eléctrica en futuras centrales hidroeléctricas

RESOLUCIÓN MINISTERIAL

N° 184-2007-MEM/DM

Lima, 24 de abril de 2007

VISTO: El Expediente N° 21147706, sobre otorgamiento de concesión temporal de generación para desarrollar estudios en la Central Hidroeléctrica Uchuhuerta, de acuerdo con el Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas, presentado por ELECTROANDES S.A., persona jurídica inscrita en la Partida N° 11264232 del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima;

CONSIDERANDO:

Que, ELECTROANDES S.A. ha presentado solicitud sobre otorgamiento de concesión temporal para realizar estudios relacionados con la actividad de generación de energía eléctrica en la futura Central Hidroeléctrica Uchuhuerta para una potencia instalada de 30 MW, al amparo de lo dispuesto por el artículo 30° del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, aprobado por Decreto Supremo N° 009-93-EM; Que, los estudios mencionados en el considerando que antecede se desarrollarán en los distritos de Huachón y Paucartambo, provincia de Pasco, departamento de Pasco, en la zona comprendida dentro de las coordenadas UTM (PSAD 56) que figuran en el Expediente; Que, la Dirección General de electricidad, luego de haber verificado y evaluado que el peticionario ha cumplido con los requisitos establecidos en el reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, ha emitido el Informe N° 069-2007-DGE-CEL;

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 23° del Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas y el artículo 36° del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas; Con la opinión favorable del Director General de Electricidad y del Vice Ministro de Energía;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Otorgar concesión temporal a favor de ELECTROANDES S.A., que se identificará con el código N° 21147706, para desarrollar estudios relacionados a la actividad de generación de energía eléctrica en la futura Central Hidroeléctrica Uchuhuerta para una potencia instalada de 30 MW, los cuales se realizarán en los distritos de Huachón y Paucartambo, provincia de Pasco, departamento de Pasco, por un plazo de dos (2) años contados a partir de la vigencia de la presente Resolución.

Artículo 2°.- Los estudios se realizarán al amparo de la presente concesión temporal, y comprenderán la zona delimitada por coordenadas UTM (PSAD 56).

Artículo 3°.- El concesionario está obligado a realizar los estudios respetando las normas técnicas.

Glosario

1. **Aerogenerador:** Máquina que transforma la energía mecánica del viento (eólica) en otra forma de energía (eléctrica) o en trabajo.
 2. **Batería:** Acumulador de carga (fem), fuerza electromotriz, que transforma la energía potencial química en energía eléctrica. Produce corriente continua.
 3. **Cambio climático:** variación del clima de la tierra causado por el hombre, especialmente por el uso masivo e indiscriminado de combustibles fósiles y la contaminación ambiental.
 4. **Candela:** Unidad de intensidad luminosa (cd).
 5. **Célula fotovoltaica:** Unidad básica de un sistema fotovoltaico. Unión *p-n* de silicio: mono cristalino que transforma la energía solar en energía eléctrica (produce corriente continua).
 6. **Corriente eléctrica:** Movimiento de portadores de carga que atraviesan una sección de un conductor en la unidad de tiempo. Corriente continua (CC ó DC) cuando los portadores de carga (intensidad de corriente) se desplazan en una dirección definida y no varían en magnitud ni dirección. Corriente Alterna (CA), cuando los portadores de carga (intensidad de corriente) del campo eléctrico varían en magnitud y dirección.
 7. **Densidad poblacional:** cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado.
 8. **Energía:** Capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Energía eléctrica, consumida por un dispositivo en un tiempo t (segundos), conectado a un voltaje V (Voltios), por donde circula una corriente I (Amperios) y se expresa en el sistema Inglés en Joule (J), comercialmente se expresa en kWh (kilowatt hora).
 9. **Energía electromagnética:** Es el conjunto de radiaciones emitidas por el Sol. El Sol se comporta como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck con una temperatura de 6 000 K aproximadamente. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.
 10. **Iluminación:** Cuando sobre una superficie incide un flujo luminoso (parte del flujo radiante que produce una sensación visual), se dice que la superficie está iluminada. Se expresa en: lux (lx), $1 \text{ lx} = 1 \text{ lumen/m}^2$. Un lumen (lm), es el flujo luminoso procedente de un sesentavo de cm^2 de abertura, de un manantial patrón y está comprendido dentro de un ángulo sólido de un estereorradián.
 11. **Intensidad luminosa:** Flujo luminoso por unidad de ángulo sólido, se expresa en candelas (cd).
 12. **Generador eléctrico:** Objeto destinado a entregar energía eléctrica por transformación de otra forma de energía. Los alternadores y las dinamos transforman energía mecánica de rotación en energía eléctrica. Las baterías y las pilas de acumuladores
-

eléctricos transforman energía química en eléctrica. Las placas fotovoltaicas transforman energía luminosa en energía eléctrica.

13. **Hidroeléctricas:** Es aquella planta destinada a transformar energía potencial o cinética del agua en energía eléctrica. Se llama así también a la energía eléctrica que procede de esa transformación.
 14. **Inversor:** Dispositivo electrónico que convierte la corriente continua en corriente alterna.
 15. **Irradiancia:** Potencia solar incidente en una superficie por unidad de área. Se denota por I (W/m^2).
 16. **Irradiación:** Energía solar incidente en una superficie por unidad de área. Es el resultado de integrar la irradiancia en un periodo de tiempo, H (J/m^2) ó kWh/m^2 .
 17. **Lumen:** Unidad de flujo luminoso (lm) que equivale al flujo luminoso emitido en un estereorradián por un punto luminoso uniforme colocado en el vértice del ángulo sólido y que tenga una intensidad de una candela.
 18. **Panel solar:** es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.
 19. **Placa fotovoltaica:** Conjunto de células fotovoltaicas organizadas para ser utilizadas como generador eléctrico.
 20. **Planta fotovoltaica:** Planta destinada a suministrar energía eléctrica por medio de placas fotovoltaicas.
 21. **Planta solar:** Planta destinada a transformar la energía radiante del sol.
 22. **Potencia eléctrica:** Energía capaz de entregar una máquina eléctrica en cada unidad de tiempo, se expresa en Watt (W).
 23. **Radiación:** Es la energía electromagnética emitida, transformada o recibida.
Radiación solar: Término genérico para la energía radiante que emite el sol
 24. **Resistencia eléctrica:** Dificultad (resistencia) que ofrece un material conductor al desplazamiento de las cargas eléctricas (corriente), se expresa en ohmios (Ω).
-