



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**Sistemas autónomos de provisión de energía y nuevos modelos de
gestión del agua en viviendas rurales sustentables de la provincia de Loja**

Trabajo de fin de titulación

AUTOR:

Diego Alexander Pilco Peñaherrera

DIRECTOR:

Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco

LOJA - ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Ingeniero.

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo, denominado: **“Sistemas autónomos de provisión de energía y nuevos modelos de gestión del agua en viviendas rurales sustentables de la provincia de Loja”** realizado por el profesional en formación: Diego Alexander Pilco Peñaherrera; cumple con los requisitos establecidos generales para la Graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como de contenido, por lo cual me permito autorizar para los fines pertinentes.

Loja, Diciembre del 2012

Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco

Visto Bueno del Coordinador (E) de la Titulación

F).....
Ing. Jorge Luis Jaramillo

COORDINADOR (E) DE LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA
EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Diciembre 2012

CESIÓN DE DERECHOS

Diego Alexander Pilco Peñaherrera declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativos) de la Universidad".

f)

Diego Alexander Pilco Peñaherrera
1104090277

AUTORÍA

Las ideas, opiniones, conclusiones, y, contenidos expuestos en el presente informe de investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

f)

Diego Alexander Pilco Peñaherrera
1104090277

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. A mis hermanos por estar conmigo y apoyarme siempre, a Silvana, por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A mi abuelita que partió a la presencia del Altísimo, dedicarle este trabajo por su demostración de una madre ejemplar, que nos enseñó a no desfallecer ni rendirnos ante nada.

Diego Alexander

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen del Cisne por darme la capacidad y sabiduría, a mis padres por todo su apoyo, esfuerzo y dedicación.

Mi singular gratitud en la persona del Ing. Jorge Luis Jaramillo, por el apoyo brindado a enriquecer conocimientos académicos a través del presente trabajo y por el tiempo dedicado a la realización y culminación de este trabajo.

A mi tía Nancy y María del Carmen, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mi, y a todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quienes son.

Diego Alexander

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	I
CESIÓN DE DERECHOS	II
AUTORÍA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
1 INDICE DE CONTENIDOS.....	VI
2 LISTA DE FIGURAS.....	IX
3 LISTA DE TABLAS.....	XI
4 RESUMEN	13
5 INTRODUCCIÓN	14
6 OBJETIVOS	16
CAPÍTULO 1: VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES	17
1.1 ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTONICO PARA VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES	17
1.1.1 El rol de los materiales constructivos	17
1.1.2 El rol de la orientación adecuada en la construcción.....	19
1.1.3 El rol del “control solar” en la construcción.....	19
1.1.4 El rol del aislamiento térmico en la construcción	20
1.1.5 El rol de las cubiertas en la construcción	21
1.2 CRITERIOS DE OPERACIÓN DE VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES	22
1.2.1 El uso de espacios.....	22
1.2.2 Iluminación eficiente.....	22
1.2.3 Ventilación eficiente	23
1.2.4 Calefacción eficiente.....	23
1.2.5 Reciclado de aguas.....	24
CAPÍTULO 2: IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE ENERGIA EN VIVIENDAS RURALES	26
2.1 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGIA	26
2.2 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA DE UNA VIVIENDA RURAL DE CLIMA CÁLIDO SECO	27

2.2.1	Descripción de la vivienda rural tipo.....	27
2.2.2	Identificación y cuantificación de los requerimientos de energía.....	28
2.2.3	Arquitectura propuesta para el sistema autónomo de provisión de energía 34	
2.3	EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGIA DE UNA VIVIENDA RURAL DE CLIMA SUBTROPICAL.....	35
2.3.1	Descripción de la vivienda rural tipo.....	35
2.3.2	Identificación y cuantificación de los requerimientos de energía.....	36
CAPÍTULO 3: SISTEMAS ACTIVOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE POTENCIAL APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE LOJA		43
3.1	POTENCIALES FUENTES DE ENERGIA RENOVABLE.....	43
3.1.1	Potencialidades para el aprovechamiento de la energía solar.....	43
3.1.2	Potencialidades para el aprovechamiento de la energía eólica.....	45
3.1.3	Potencialidades de aprovechamiento de energía de la biomasa	46
3.1.4	Potencialidades de aprovechamiento de energía humana	47
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA PROVINCIA DE LOJA UTILIZANDO PVSYST.....		49
4.1	METODOLOGIA DE DISEÑO APLICADA	49
4.2	FASE DE DISEÑO DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO.....	50
4.2.1	Perfil de consumo.....	50
4.2.2	Datos de radiación	50
4.2.3	Dimensionamiento del sistema	52
4.3	FASE DE SIMULACIÓN DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO.....	57
4.4	FASE DE SELECCIÓN FINAL DE COMPONENTES	61
4.4.1	Elección final del panel fotovoltaico.....	61
4.4.2	Elección final de las baterías.....	63
4.4.3	Elección final del regulador	63
4.4.4	Elección final del inversor.....	64
4.4.5	Elección final del cableado.....	64
4.5	FASE DE IMPLANTACION DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO	65
4.5.1	Ubicación de los paneles PV.....	65
4.5.2	Dispositivos de protección.....	66

4.5.3	Puesta a tierra	66
4.5.4	Caseta de equipos	67
4.6	ASPECTOS AMBIENTALES Y DISPOSICION FINAL DE LOS COMPONENTES.....	67
4.6.1	Disposición final de paneles fotovoltaicos	68
4.6.2	Disposición final del regulador de carga y del inversor	68
4.6.3	Disposición final de las baterías	68
4.7	PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO.....	68
CAPÍTULO 5: MODELOS DE GESTIÓN DEL AGUA EN VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES		70
5.1	GENERALIDADES SOBRE LA COSECHA DE AGUAS LLUVIAS	70
5.1.1	Módulo de captación	71
5.1.2	Módulo de recolección y conducción.....	71
5.1.3	Módulo interceptor de primeras aguas	72
5.1.4	Módulo de almacenamiento	73
5.1.5	Módulo de tratamiento	74
5.1.6	Módulo de bombeo y distribución.....	75
5.1.7	Potencialidad de cosecha de aguas lluvias en la Provincia de Loja	75
5.2	CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	78
5.2.1	Módulos de bombeo eólico	79
5.2.2	Módulos de bombeo mecánico manual.....	80
5.2.3	Módulo de bombeo solar fotovoltaico.....	82
5.3	REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	82
5.3.1	Reutilización de aguas grises	82
5.3.2	Reutilización de aguas negras.....	84
CONCLUSIONES		85
TRABAJOS FUTUROS		91
REFERENCIAS		92
ANEXOS.....		99
PRESUPUESTO GENERAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO		101

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.1** Balance de energía en una vivienda común y en una autosustentable
- Fig. 1.2** Sistema de calefacción de pared radiante
- Fig. 2.1** Vivienda rural tipo de clima cálido seco
- Fig. 2.2** Iluminación de la vivienda rural tipo de clima cálido seco
- Fig. 2.3** Demanda de energía para iluminación, en horas, para la vivienda rural tipo de clima cálido seco
- Fig. 2.4** Demanda de energía para entretenimiento / información, en horas, para la vivienda rural tipo de clima cálido seco
- Fig. 2.5** Demanda de energía por grupo de consumo, en la vivienda rural tipo de clima cálido seco
- Fig. 2.6** Diagrama de bloques de la arquitectura propuesta para el sistema autónomo de provisión de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido seco
- Fig. 2.7** Vivienda rural tipo de clima subtropical
- Fig. 2.8** Demanda de energía para iluminación, en horas, para la vivienda rural tipo de clima subtropical
- Fig. 2.9** Demanda de energía para entretenimiento / información, en horas, para la vivienda rural tipo de clima subtropical
- Fig. 2.10** Demanda de energía por grupo de consumo, en la vivienda rural tipo de clima subtropical
- Fig. 3.1** Promedio anual de radiación solar en la provincia de Loja
- Fig. 3.2** Paneles fotovoltaicos
- Fig. 3.3** Panel solar flexible
- Fig. 3.4** Colectores solares
- Fig. 3.5** Mini aerogenerador
- Fig. 3.6** Biomasa: residuos agrícolas
- Fig. 3.7** Esquema básico de instalación de un sistema play-pump para bombeo de agua
- Fig. 4.1** Consideraciones generales para el diseño de sistemas fotovoltaicos
- Fig. 4.2** Interface importación base clima en PVSYST
- Fig. 4.3** Plano de irradiación global solar, obtenido a través de la opción tabla gráficos de PVSYST

- Fig. 4.4** Información general sobre el proyecto, requerida por PVSYST
- Fig. 4.5** Inclinación óptima del sistema fotovoltaico
- Fig. 4.6** Configuración de conexión de módulos PV y baterías de storage de energía
- Fig. 4.7** Selección del regulador de carga para el sistema PV.
- Fig. 4.8** Incorporación de la información sobre secciones y longitudes de las líneas eléctricas utilizadas en el sistema
- Fig. 4.9** Diagrama de cableado del sistema PV
- Fig. 4.10** Diagrama de pérdidas de energía, obtenido vía simulación de desempeño del sistema con ayuda de PVSYST
- Fig. 4.11** Producción normalizada de energía y factores de pérdida en el sistema PV diseñado
- Fig. 4.12** Factor del rendimiento y fracción solar del sistema PV diseñado
- Fig. 4.13** Curva V-I y relación P vs. V, del panel PV Zytech 130p
- Fig. 5.1** Distribución del consumo de agua y potencialidad de remplazo del agua de la red pública por agua lluvia cosechada
- Fig. 5.2** Componentes del sistema de cosecha de agua de lluvia
- Fig. 5.3** Módulo de recolección y conducción: canaletas
- Fig. 5.4** Módulo de recolección y conducción con mallas
- Fig. 5.5** Filtración de primeras aguas
- Fig. 5.6** Almacenamiento de agua en zonas rurales
- Fig. 5.7** Módulos de procesamiento solar de agua potable
- Fig. 5.8** Módulo típico de bombeo eólico
- Fig. 5.9** Bomba de pedales
- Fig. 5.10** Bomba manual de pistón
- Fig. 5.11** Bomba manual de mecate
- Fig. 5.12** Sistema de bombeo solar
- Fig. 5.13.** Depurador de aguas grises

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1 Materiales recomendados para la construcción de viviendas en distintas condiciones climáticas

TABLA 1.2 Técnicas de control solar en función de la variedad de clima

TABLA 1.3 Recomendaciones para aislamiento térmico en función de la variedad de clima

TABLA 1.4 Tipos de cubiertas y potenciales aplicaciones

TABLA 2.1 Uso actual de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido

TABLA 2.2 Demanda horaria de iluminación para la vivienda rural tipo de clima cálido seco

TABLA 2.3 Demanda proyectada de energía para iluminación en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

TABLA 2.4 Demanda horaria de entretenimiento / información para la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

TABLA 2.5 Consumo proyectado de energía para entretenimiento / información de la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

TABLA 2.6 Consumo proyectado de energía para refrigeración / calefacción en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

TABLA 2.7 Consumo proyectado de energía para fuerza en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

TABLA 2.8 Consumo proyectado de energía para bombeo de agua de la vivienda rural tipo de clima cálido seco

TABLA 2.9 Demanda total de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido seco

TABLA 2.10 Uso actual de energía en la vivienda rural tipo de clima subtropical.

TABLA 2.11 Demanda horaria de iluminación para la vivienda rural tipo de clima subtropical

TABLA 2.12 Demanda de energía para iluminación de la vivienda rural tipo de clima subtropical

TABLA 2.13 Demanda horaria de entretenimiento/información para la vivienda rural tipo de clima subtropical

TABLA 2.14 Consumo proyectado de energía para entretenimiento / información de la vivienda rural tipo de clima subtropical

TABLA 2.15 Consumo de energía para refrigeración / calefacción de la vivienda rural tipo de clima subtropical

TABLA 2.16 Consumo proyectado de energía para bombeo de agua de la vivienda rural tipo de clima subtropical

TABLA 2.17 Demanda total de energía en la vivienda rural tipo de clima subtropical

TABLA 4.1 Data disponible en la plataforma de servicios NASA Surface Metereology and Solar Energy, sobre niveles de radiación solar en las coordenadas 03°59'35" S de latitud y 79°12'15"W de longitud.

TABLA 4.2 Balance energético del sistema PV

TABLA 4.3 Características técnicas del panel PV seleccionado

TABLA 4.4 Características técnicas de las baterías seleccionadas

TABLA 4.5 Características técnicas del regulador seleccionado

TABLA 4.6 Características técnicas del inversor seleccionado

TABLA 4.7 Presupuesto referencial de implementación del sistema PV autónomo

TABLA 5.1 Precipitación media total en el cantón Loja, promediada para los años 2000 y 2008.

TABLA 5.2 Coeficiente de escurrimiento para diferentes materiales

TABLA 5.3 Consumo anual estimado de agua por persona (litros)

TABLA 5.4 Demanda anual de agua prevista para cubrir las necesidades de la vivienda, litros

RESUMEN

La implementación de sistemas de provisión de energía, adecuados a los requerimientos de las zonas rurales, y, potenciados (en lo posible) a través del aprovechamiento de las fuentes existentes en el medio, podría aportar a un cambio significativo en la forma de vivir de los habitantes. En este contexto, especial interés merecen la implementación de sistemas activos para la generación de energía, y, la introducción de nuevos modelos de gestión del agua. Las diferentes opciones tecnológicas existentes para cubrir con las expectativas planteadas, son objeto de este trabajo.

INTRODUCCIÓN

Una orografía compleja, y, un aislamiento intencional gestado por intereses políticos, condujeron a un escaso desarrollo económico de las zonas rurales de la frontera sur del país.

Hoy en día, superados los problemas limítrofes, la provisión de agua y el abastecimiento de energía limpia, son dos de los problemas a resolver en las zonas rurales de la provincia de Loja.

El estudio de las opciones tecnológicas para la implementación de sistemas autónomos de abastecimiento de energía, que aprovechen las energías renovables disponibles en la zona, y, la adopción de nuevos modelos de gestión del agua en las viviendas rurales, es el objetivo fundamental de este trabajo.

Este trabajo de investigación se estructuró en cinco capítulos. En el primer capítulo se presentan los resultados de la revisión bibliográfica de las mejores prácticas existentes, analizadas desde la perspectiva de la inclusión de sistemas activos que aprovechen las energías renovables, y, de técnicas pasivas que disminuyan el gasto energético en las viviendas rurales tipo.

En el segundo capítulo se resume el proceso de identificación y cuantificación de los requerimientos de energía de viviendas rurales tipo de la provincia de Loja, considerando el piso climático en el que se encuentran, y, las condiciones socioeconómicas de sus habitantes.

En el tercer capítulo se describe el estado del arte de algunos sistemas activos de generación no convencional, fácilmente adaptables a las condiciones de las zonas rurales de la provincia de Loja.

En el cuarto capítulo se describe el proceso de diseño de un sistema PV autónomo ajustado a las condiciones de la provincia de Loja, con el apoyo de la herramienta de software PVSYST, un software utilitario pago, que permite diseñar sistemas PV, y, evaluar su desempeño sobre la base de simulación de performance.

En el quinto capítulo se analiza algunas opciones de captación y gestión del agua, potencialmente aplicables en las zonas rurales de la provincia de Loja.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar la línea base existente sobre las mejores prácticas existentes sobre la aplicación de fuentes de energía renovable en el sector rural, y, selección de las potencialmente aplicables en las condiciones de la provincia de Loja.

Objetivos Específicos

- Establecer la línea base sobre la provisión y gestión de energía en viviendas rurales.
- Establecer la matriz de demanda de energía, y, cuantificar los requerimientos de energía en las viviendas rurales de la provincia de Loja.
- Evaluar la aplicabilidad en las condiciones de la zona rural de la provincia de Loja, de las mejores prácticas existentes sobre sistemas activos de provisión de energía.
- Verificar la disponibilidad de información para el diseño y evaluación de la performance de sistemas fotovoltaicos en la zona de Loja.
- Evaluar la aplicabilidad en las condiciones de la zona rural de la provincia de Loja, de las mejores prácticas existentes sobre provisión y gestión del agua en viviendas rurales.

CAPÍTULO 1: VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES

1.1 ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTONICO PARA VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES

Las viviendas sustentables son el resultado de una concepción especial del diseño arquitectónico, que busca aprovechar los recursos naturales desde una visión holística que, minimice el impacto ambiental de la construcción y operación de la vivienda [1].

Por una parte, las viviendas sustentables ofrecen ambientes adecuados para las actividades diarias, observando criterios de construcción, resistencia mecánica, durabilidad, etc. Por otra parte, a partir del conocimiento del entorno y del clima, las viviendas buscan satisfacer por si solas, o en su mayor parte, la energía requerida para la operación de sistemas y equipos (Ver Fig. 1).

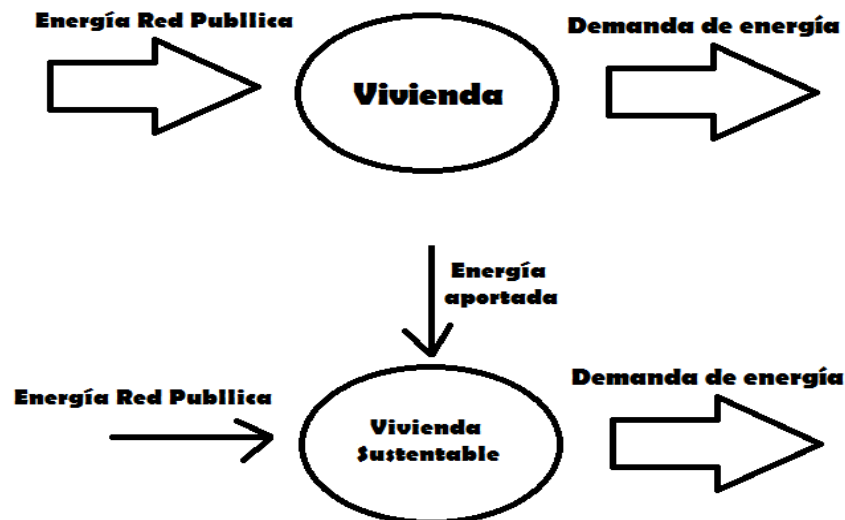


Fig. 1.1 Balance de energía en una vivienda común y en una autosustentable [Imagen diseñada por los autores]

1.1.1 El rol de los materiales constructivos

En la construcción de viviendas rurales sustentables, un lugar destacado ocupa la selección de los materiales desde la perspectiva de la inercia térmica, resistencia a agentes externos, durabilidad, y, resistencia mecánica.

Se busca utilizar aquellos materiales que mejor responden a las condiciones climáticas del entorno. Desde la perspectiva del intercambio de calor, los materiales constructivos deben ser analizados en función de la inercia térmica. Se recomienda que las viviendas localizadas en climas fríos o templados, se construyan con materiales de alta inercia térmica, mientras que las de clima cálido húmedo se construyen con materiales ligeros y de poca inercia. La tabla 1 resume la recomendación de materiales para cada una de las zonas climáticas. Las recomendaciones de la guía de construcción colombiana [2], relacionan al uso de materiales en distintas condiciones climáticas similares a las de la provincia de Loja.

TABLA 1.1
Materiales recomendados para la construcción de viviendas
en distintas condiciones climáticas [2].

	Climas			
	Frio	Templado	Cálido	
			Seco	Húmedo
Muros	Adobe, tapia, ladrillo, bloque	Adobe, guadua con barro, ladrillo, bloque	Adobe, guadua con barro	Muros en madera y guadua
Cubierta	Estructura en madera, teja de barro, teja de fibrocemento	Estructura en madera, teja de zinc	Estructura en madera, teja de barro, teja de fibrocemento, teja de zinc	En fibras naturales, tejas de zinc, teja de fibrocemento
Pisos	Madera, alfombra, vinilo	Madera	Baldosín de cemento, tableta cerámica	Baldosín de cemento, tableta cerámica
Ventanas	Madera, aluminio, vidrio	Madera, aluminio, vidrio	Madera, vidrio	Madera, vidrio

El clima es el factor determinante en la durabilidad y en la resistencia mecánica de la vivienda. El Sol, el agua, las variaciones de temperatura, y, el viento son los principales agentes destructivos de las viviendas. Una buena resistencia mínima a los agentes externos, se consigue con los materiales de la zona empleados en construcción tradicional. Como referencia, según el censo de población y vivienda INEC 2010, en la provincia de Loja, del total de viviendas rurales, el 61,83% son construidas con adobe o tapia.

1.1.2 El rol de la orientación adecuada en la construcción

Diseñar y ubicar la vivienda con una buena orientación respecto al Sol, ayuda a regular la temperatura en el interior de la vivienda en función de los cambios climáticos, y, determina la cantidad, el tipo de luz, y, el calor que recibirá la vivienda [3].

Conociendo la trayectoria del Sol, es posible decidir sobre la distribución de espacios interiores, tamaño y ubicación de ventanas, ubicación de protecciones y opciones de aprovechamiento de energía solar. La cercanía de la provincia de Loja a la línea ecuatorial, permite acceder a una radiación solar casi perpendicular, óptima para la utilización de técnicas solares pasivas y activas en viviendas rurales.

Entre las técnicas pasivas potencialmente aplicables, destaca el emplazamiento norte-sur de la vivienda, con la fachada hacia el norte y grandes ventanales en las paredes este y oeste, para lograr un aprovechamiento máximo de luz natural.

1.1.3 El rol del “control solar” en la construcción

Se conoce como “control solar” a un conjunto de técnicas destinadas a aprovechar o a contrarrestar los efectos térmicos de la radiación solar, de acuerdo a las condiciones climáticas específicas [2].

La tabla 2 muestra algunas recomendaciones disponibles en la bibliografía, para lograr control solar en viviendas rurales, en zonas de clima semejantes a las de la provincia de Loja.

TABLA 1.2
Técnicas de control solar en función de la variedad de clima
[2]

CONTROL SOLAR		
Clima	Descripción	Modelo
Cálido húmedo	Sombra interna: impide el ingreso directo de la radiación solar al interior de las edificaciones y evita así la elevación de la temperatura	
Cálido seco	Sombra externa con vegetación: contrasta la acción de la radiación solar directa sobre las edificaciones, e impide los aumentos de la temperatura ambiental interna.	
Frio	Asoleo extremo: expone al sol las partes externas absorbentes de calor en la edificación, para contrarrestar con ellas la baja temperatura en las noches.	
Muy frio	Asoleo máximo externo e interno: utiliza al máximo la radiación solar para elevar la temperatura en climas muy fríos. Es usado generalmente con otros elementos que evitan la pérdida de calor durante la noche.	





1.1.4 El rol del aislamiento térmico en la construcción

El aislamiento térmico limita la transferencia de calor entre el exterior e interior de la vivienda, y, sirve para mantener dentro de la misma ambientes con características de temperatura y humedad adecuadas [2].

La pérdida de calor en una vivienda, no sólo se produce a través de rendijas, y, aberturas de puertas y ventanas, sino que también se da a través de la porosidad de los materiales utilizados en paredes y techos.

Para el aislamiento térmico de paredes y techos, se emplean tanto materiales naturales como artificiales. La tabla 3, resumen algunas recomendaciones sobre aislamiento térmico.

TABLA 1.3
Recomendaciones para aislamiento térmico en función de
la variedad de clima [2]

AISLAMIENTO TERMICO		
Clima	Descripción	Modelo
Cálido húmedo	Se deben utilizar materiales ligeros, de poca capacidad térmica, con techo aislante, para una máxima utilización de los vientos que contrarrestan las altas temperaturas.	
Cálido seco o frío seco	Se deben utilizar materiales que brindan un máximo aislamiento, ya que absorben calor.	
Frio	En climas con una gran diferencia de temperatura entre el día y la noche, se deben utilizar materiales combinados, con paredes de gran capacidad térmica en las áreas de uso diurno que refresquen el ambiente y materiales ligeros en las áreas de uso nocturno que generan calor.	
Templado	Se deben utilizar materiales que generan gran aislamiento pero que no impidan la ventilación para liberar humedad ambiental interna, a la vez que aísla el interior del exterior.	




1.1.5 El rol de las cubiertas en la construcción

Las cubiertas definen la forma de inclinación de las viviendas, protegiéndolas de los efectos mecánicos y de la humedad de las lluvias [2]. Las cubiertas, por lo general, están constituidas por varias capas (impermeabilización, aislamiento, y, recubrimiento exterior).

Los avances tecnológicos actuales, han ampliado el rol de las cubiertas como potenciales áreas para el harvesting de energía solar, o, la recolección de aguas lluvias para sistemas de reciclado.

La tabla 4 resume algunas características de las tipos más habituales de cubiertas, y, sugiere potenciales aplicaciones.

TABLA 1.4
Tipos de cubiertas y potenciales aplicaciones [2]

CUBIERTAS		
	Descripción	Modelo
Planas horizontales	Son usadas en climas con lluvias escasas y leves que no demandan protección.	
Con pendientes	Se utilizan en climas con lluvias de intensidad considerable y ofrecen un nivel medio de protección.	
Inclinadas con protección	Protegen contra lluvias intensas, brindan máxima resistencia mecánica e impermeabilización.	

1.2 CRITERIOS DE OPERACIÓN DE VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES.

1.2.1 El uso de espacios

La distribución del espacio en la vivienda, debe garantizar la intimidad, independencia, y, convivencia sana de los habitantes de la misma.

Se sugiere que los espacios más utilizados con mayor frecuencia, como la sala, el comedor, y, los dormitorios, estén ubicados de preferencia en la fachada norte. Los otros espacios (cocinas, baños, escaleras, pasillos, etc.) se distribuyen hacia el sur [4].

1.2.2 Iluminación eficiente

La iluminación eficiente presenta un balance correcto entre iluminación natural y artificial.

La iluminación natural, habitualmente relacionada con la iluminación diurna, se concibe de tal manera que aporta cantidad y calidad de iluminación. La iluminación natural

del interior de viviendas, requiere de medidas especiales para manejar la variabilidad dinámica de la fuente [5]. En caso en que la iluminación natural sea insuficiente, se deberá prever complementar los niveles de luminosidad requeridos, desde una fuente artificial.

La iluminación artificial deberá ser capaz de satisfacer las necesidades de iluminación durante la noche. El diseño del sistema (cantidad, distribución, color, control, etc.) se basa en aspectos utilitarios, artísticos, y, de uso eficiente de la energía.

1.2.3 Ventilación eficiente

El uso de luz natural y ventanas adecuadamente distribuidas, no sólo mejora la iluminación natural, sino que también mejora el confort térmico y la calidad del aire en la vivienda [6].

La ventilación eficiente en una vivienda, se logra por dos métodos: natural o convectivo. La ventilación natural se realiza a través de las corrientes de aire producidas al abrir las ventanas. La ventilación convectiva se logra al remplazar el aire caliente en ascensión, por aire más frío, a través de aberturas en la partes alta de la cubierta [7]. En términos generales, se puede mejorar los indicadores de la ventilación, incluyendo un cierto grado de control automático que permita considerar aspectos como temperatura del aire exterior, horarios, etc.

1.2.4 Calefacción eficiente

Una orientación adecuada de la vivienda respecto del Sol, puede facilitar la implementación de un proceso de calefacción natural eficiente de la vivienda, y, el harvesting de energía solar para proveer de agua caliente sanitaria (ACS).

Los sistemas termosolares actuales permiten alcanzar entre un 70 y 80% de ahorro de energía requerida para provisión de ACS [8], [9].

En temas de calefacción de la vivienda, la energía solar se ha empezado a utilizar en apoyo de otros sistemas como calderas, bombas de calor, etc. Una aplicación prospectiva se basa en la captación de energía térmica solar mediante colectores que,

transmiten el calor a un líquido especial (convección) o agua (térmica), que circulan hacia un acumulador, aislado para evitar fugas de calor. La red se completa con redes de circulación en pisos y paredes. La Fig. 2 muestra un sistema de calefacción de este tipo, denominado de pared radiante.



Fig. 1.2 Sistema de calefacción de pared radiante
[Disponible en: <http://www.tecnorenovables.com/pared.html>]

1.2.5 Reciclado de aguas

Las iniciativas de reciclado de aguas incluyen el aprovechamiento de aguas empleadas en la vivienda, y, de aguas lluvias, para su aplicación en otro tipo de actividades como riego.

Se suele aceptar como media de consumo de agua en una vivienda, al rango entre 20 y 40 litros de agua por persona por día, aunque estas cifras puedan aumentar si se incluye el agua para bañarse y para cocinar [10]. De aquí la importancia de desarrollar iniciativas para reciclar el agua utilizada, a la par que se trabaja en hábitos para reducir el consumo de agua, manteniendo los niveles de confort. El uso de sistemas autónomos de escala doméstica para el aprovechamiento de aguas servidas aparece como una opción emergente.

La empresa Quásar, en Ohio EEUU, fabrica equipos domésticos para obtención de energía a partir de aguas residuales. Empleando residuos que, normalmente se incineran o que se depositan en vertederos, estos equipos producen energía en forma de biogás, eléctrica, y, térmica. Los líquidos residuales, y, los sólidos resultantes, se aprovechan como fertilizantes líquidos y abono para el suelo [11].

El aprovechamiento de aguas lluvias también es una opción interesante. La cantidad de agua a reciclar, dependerá de los patrones de lluvia de la zona. El agua lluvia capturada, almacenada, y, tratada, podrá ser empleada para sistemas eficientes de riego, para alimentar inodoros, ó, para provisión de la lavadora. Experiencias anteriores muestran que se puede lograr hasta un 50% de ahorro de agua potable en la vivienda [12].

CAPÍTULO 2: IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE ENERGÍA EN VIVIENDAS RURALES

2.1 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA

La peculiar orografía de la provincia de Loja, ha determinado la existencia de una serie de microclimas, dispersos por toda la zona. A pesar de aquello, se pueden identificar al menos tres sectores de características más o menos comunes: sector frío, sector subtropical, y, un sector cálido seco. En el marco de este proyecto, considerando las potencialidades de réplica de los sistemas autónomos de energía a proponer, se prestó especial interés en los sectores subtropical y cálido seco.

Para cada uno de estos sectores, se definió un escenario o vivienda rural tipo. Se propone que en cada vivienda rural tipo existirá una matriz específica de demanda de energía, en función de las condiciones climáticas, aspectos culturales y socioeconómicos.

Para identificar la matriz de demanda de energía en la vivienda tipo de clima cálido seco, se tomó como referencia las construcciones del sector rural del cantón Catamayo.

Como referencia para la vivienda tipo de clima subtropical, se consideró las edificaciones tradicionales de la parroquia rural de Malacatos, perteneciente al cantón Loja.

La energía es un importante insumo, ya que se utiliza para cocinar, proporcionar agua, luz eléctrica, comunicación, salud y educación, es por eso que en el marco de este proyecto, y, con la intención de simplificar el diseño de los sistemas autónomos de aprovisionamiento de energía a las viviendas rurales tipo, se decidió clasificar los requerimientos de energía en cuatro grupos básicos (iluminación, entretenimiento / información, refrigeración / calefacción, y, fuerza), e, incluir otros grupos, de acuerdo a las necesidades propias de cada escenario.

2.2 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA DE UNA VIVIENDA RURAL DE CLIMA CÁLIDO SECO

2.2.1 Descripción de la vivienda rural tipo

Según el censo INEC 2010 [13], el 8.44% del total de las viviendas rurales del cantón Catamayo, no cuentan con servicio de energía eléctrica, y, sólo el 54.98% de las viviendas posee agua de una red pública. La vivienda rural seleccionada como modelo, no posee servicio de energía eléctrica ni de agua potable.

La vivienda está ubicada en el sector conocido como Buenos Aires, a 2 Km de la cabecera cantonal, en la vía a La Vega. Esta construida con adobe y tapia, techo de teja, y, piso de cemento y tierra (Ver Fig.2.1). La propiedad se complementa con una parcela de 2 Ha, en la cual se cultiva limones, yucas, tomates, maíz, y, caña de azúcar. También, se ha construido y están en operación, criaderos de cerdos y gallinas.



Fig. 2.1 Vivienda rural tipo de clima cálido seco. [Fotografía de los autores]

La vivienda está habitada por una familia de tres miembros. La cabeza de familia, Don Luis Francisco Medina, de 52 años de edad, es oriundo del sector, y, de oficio agricultor. Su esposa e hija, se dedican a la venta de los productos cultivados en la parcela, en el mercado municipal de Catamayo.

A unos metros de la propiedad, existen líneas de energía eléctrica del sistema de distribución de la EERSSA. Pero, por razones presumiblemente económicas, esta no ha proporcionado el servicio a la vivienda. La falta de energía eléctrica, ha condicionado las actividades diarias de la familia. La vivienda se ilumina con velas (cirios), y, para entretenimiento e información, la familia dispone de una pequeña radio a pilas (que se cambian cada 3 días). La vivienda no cuenta con tecnología alguna para refrigeración.

El agua para consumo humano en la vivienda, proviene de bidones adquiridos cada 5 días. El agua para el aseo personal, y, para riego y consumo de animales, proviene de un canal derivado del río Boquerón, afectado por las fluctuaciones del caudal del río.

2.2.2 Identificación y cuantificación de los requerimientos de energía

De acuerdo a las necesidades insatisfechas de los habitantes de la vivienda analizada, además del consumo de energía en los grupos básicos, se decidió incluir la demanda de energía para bombeo de agua. La Tabla 2.1, resume la situación actual de gasto energético.

TABLA 2.1
Uso actual de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido

Grupo	Disponibilidad	Fuente
Iluminación	Si	Velas
Entretenimiento/información	Si	Baterías
Refrigeración / calefacción	No	-
Fuerza	No	
Bombeo de agua	No	-

Una vez identificados los grupos de demanda de energía, se planteó estudiar propuestas para mejorar u optimizar la situación actual. Sobre la base de los procesos optimizados, se cuantificará la demanda final de energía de la vivienda rural tipo.

Iluminación

Para iluminación de dos cuartos, una cocina, y, una bodega, actualmente se utilizan velas por alrededor de 9 horas diarias (Ver Fig. 2.2). La Tabla 2.2, muestra el requerimiento horario de iluminación en la vivienda estudiada, mientras que la Fig. 3 muestra el requerimiento de energía, en horas de operación.



Fig. 2.2 Iluminación de la vivienda rural tipo de clima cálido seco [Fotografía de los autores]

TABLA 2.2
Demanda horaria de iluminación para la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Iluminación	Mañana	Tarde	Noche
Cuarto 1	04h30 a 05h30	-	19h00 a 22h00
Cuarto 2	06h00 a 06h30	-	20h00 a 21h30
Cocina	06h30 a 07h00	12h00 a 13h00	18h00 a 19h00
Bodega	04h45 a 05h00	-	-

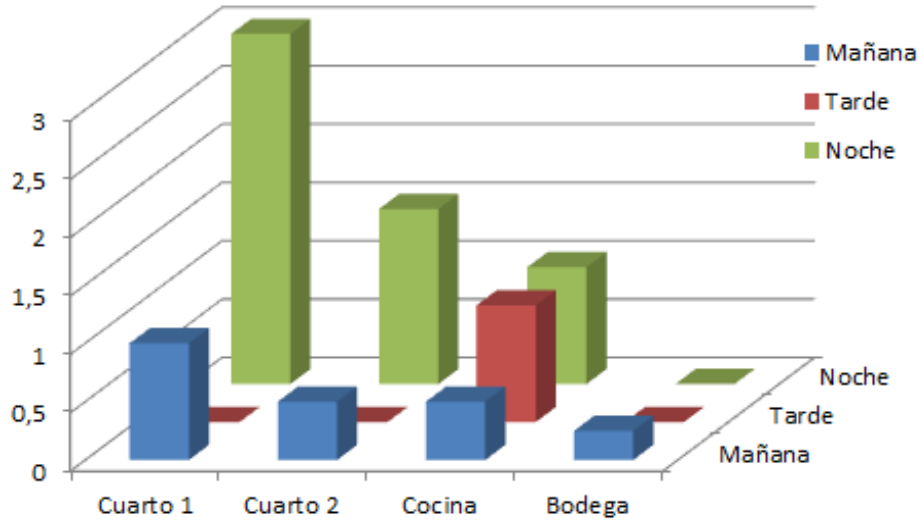


Fig. 2.3 Demanda de energía para iluminación, en horas, para la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Es posible reducir la demanda horaria de energía para iluminación, implementando técnicas constructivas que incluyan principios de utilización óptima de la luz natural en el día. Sin embargo, estas medidas son poco aplicables para construcciones ya existentes, razón por la cual se cuantificó la demanda de energía en base a la situación actual, partiendo de la premisa de que las velas serían remplazadas por lámparas LFC de 25W, de fácil adquisición, poco consumo de energía, y, una larga vida útil (8000 h). La Tabla 2.3 muestra los resultados obtenidos. Para iluminación, el sistema autónomo debería proporcionar 218.75 W/día.

TABLA 2.3
Demanda proyectada de energía para iluminación en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Iluminación	Cantidad	Potencia (W)	Uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Cuarto 1	1	25	4.00	100.00
Cuarto 2	1	25	2.00	50.00
Cocina	1	25	2.50	62.50
Bodega	1	25	0.25	6.25
Total (W/día)				218.75

Entretenimiento / información

La Tabla 2.4 presenta la demanda horaria de entretenimiento e información en la vivienda, mientras que la Fig. 2.4 muestra el requerimiento de energía, en horas de operación.

TABLA 2.4
Demanda horaria de entretenimiento / información para la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Entretenimiento	Mañana	Tarde	Noche
Radio	-	11h00 a 13h30	19h00 a 21h00

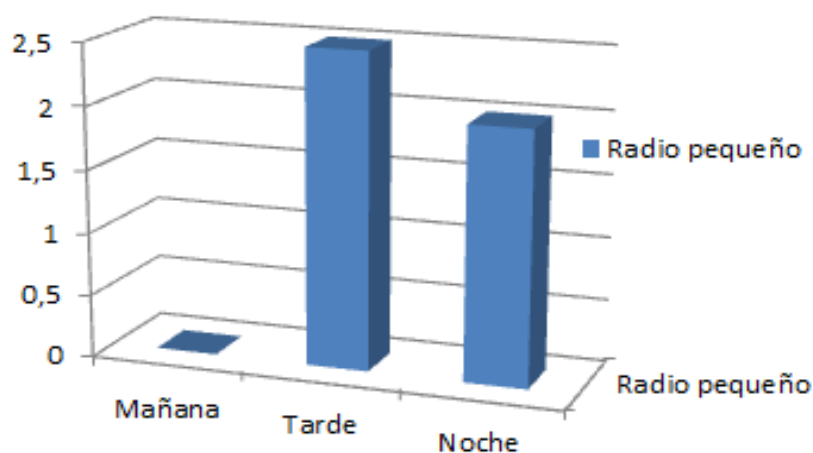


Fig. 2.4 Demanda de energía para entretenimiento / información, en horas, para la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Para la proyección de la demanda de energía en entretenimiento e información, se consideró la potencia requerida por los equipos más eficientes disponibles en el mercado a la fecha, una grabadora de 13 W y un televisor de 19" de 35 W. La potencia total requerida se estimó en 48W (Ver Tabla 2.5). Para suplir la demanda de energía en este grupo, el sistema autónomo deberá proporcionar 179 W/día.

TABLA 2.5
Consumo proyectado de energía para entretenimiento /
información de la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Entretenimiento	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Grabadora	1	13	3	39
TV 19"	1	35	4	140
Total (W.día)				179

Refrigeración / calefacción

La vivienda no cuenta con un sistema de calefacción, por cuanto está ubicada en una zona rural de clima cálido seco, durante la mayor parte del año. Tampoco existen facilidades de refrigeración, razón por la cual los alimentos perecederos no pueden ser almacenados por largo tiempo.

La proyección de demanda de energía en este grupo, se realizó asumiendo el uso de equipos de refrigeración tipo A, cuya potencia estimada es de 300W. La demanda de energía en este grupo es del orden de los 2400 W/día (ver Tabla 2.6).

TABLA 2.6
Consumo proyectado de energía para refrigeración /
calefacción en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Refrigeración	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Refrigerador	1	300	8	2400
Total (W.día)				2400

Fuerza

A la fecha, las actividades diarias de la familia no incluyen procesos que demanden energía en este grupo. Con la intención de dimensionar un posible consumo de energía futuro, se planteó la posibilidad de que en la vivienda se realice la extracción de jugo de caña, actividad común y habitual en la región.

La proyección de demanda de energía se realizó asumiendo el uso de un trapiche común de mercado, de una potencia estimada en 375W. La demanda de energía en este grupo se calculó en el orden de 750 W/día (ver Tabla 2.7).

TABLA 2.7
Consumo proyectado de energía para fuerza en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Refrigeración	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Trapiche	1	375	2	750
Total (W.día)				750

Bombeo de agua

En la bibliografía [14], se explica que el dimensionamiento de un sistema de bombeo se basa en el caudal a bombear, el número de horas de bombeo, y, el número de arranques en un día. Considerando las bombas disponibles en el mercado, se estimó que el sistema podría ser activado por una bomba de 350W, se calculó el consumo de energía para 3 horas de operación (ver Tabla 2.8). En este grupo, la demanda de energía será del orden de los 1050 W/día.

TABLA 2.8
Consumo proyectado de energía para bombeo de agua de la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Refrigeración	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Bombeo de agua	1	350	3	1050
Total (W.día)				1050

Demanda total

Identificados los requerimientos, y, proyectada la demanda de energía a proporcionar desde el sistema autónomo para cada uno de los grupos, la demanda total de energía se estimó en 4597,75 W/día (Ver Tabla 2.9). La Fig. 2.5 muestra la demanda proyectada de energía, por grupo de consumo.

TABLA 2.9
Demanda total de energía en la vivienda rural tipo de clima
cálido seco

Grupo	Energía requerida (W/día)
Iluminación	218,75
Entretenimiento / información	179,00
Refrigeración / Calefacción	2400,00
Fuerza	750,00
Bombeo de agua	1050,00
Total (W.día)	4597,75

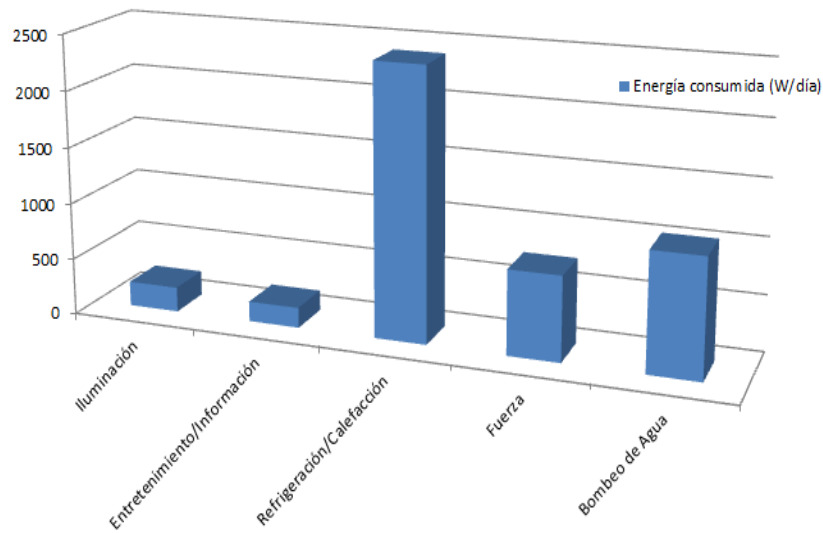


Fig. 2.5 Demanda de energía por grupo de consumo, en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

2.2.3 Arquitectura propuesta para el sistema autónomo de provisión de energía

La Fig. 2.6, muestra el diagrama de bloques de la arquitectura propuesta para el sistema autónomo de aprovisionamiento de energía para la vivienda rural tipo de clima cálido. Este sistema consta de los bloques de generación, distribución, iluminación, entretenimiento/información, refrigeración/calefacción, fuerza, y, bombeo de agua.

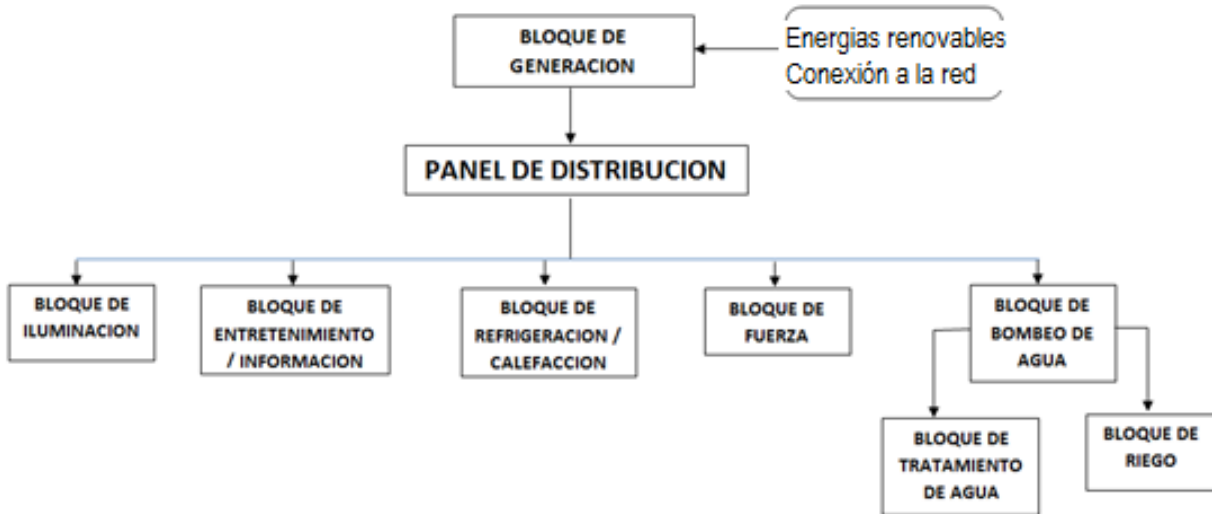


Fig. 2.6 Diagrama de bloques de la arquitectura propuesta para el sistema autónomo de provisión de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

2.3 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGIA DE UNA VIVIENDA RURAL DE CLIMA SUBTROPICAL

2.3.1 Descripción de la vivienda rural tipo

Según el censo INEC 2010 [13], en la parroquia Malacatos del cantón Loja, el 6,19% del total de las viviendas rurales no cuentan con servicio de energía eléctrica, y, sólo el 45,16% posee agua potable de una red pública.

La vivienda seleccionada como tipo, posee energía eléctrica y agua entubada. La vivienda está ubicada en el sector conocido como La Granja, a 1 Km de Malacatos. Está construida de ladrillo, techo de zinc, y, piso de baldosa (Ver Fig. 2.7). La propiedad se complementa con una parcela de $\frac{1}{2}$ Ha, en la cual se cultiva limones, yucas, y, tomates.

La vivienda está habitada por una familia de cinco miembros. La cabeza de familia, Sr. Alfonso Celi, de 44 años de edad, oriundo del sector la Era, y, de oficio productor de panela y agricultor. Su esposa e hijos se encargan del cuidado de la vivienda, agricultura, y, de la venta de los productos cultivados en el mercado municipal de Malacatos, los fines de semana.

El sistema de iluminación utiliza lámparas LFC y focos incandescentes. Para entretenimiento / información se cuenta con una grabadora pequeña, y, un televisor de 19". Existen equipos de refrigeración para conservar frescos los alimentos.



Fig. 2.7 Vivienda rural tipo de clima subtropical. [Fotografía de los autores]

El agua que proviene del sistema de agua entubada se hierve para consumo humano. Para riego, se aprovecha el agua de una quebrada existente en el sector, con las habituales fluctuaciones de caudal.

2.3.2 Identificación y cuantificación de los requerimientos de energía

De acuerdo a las necesidades insatisfechas de los habitantes de la vivienda analizada, además del consumo de energía en los grupos básicos, se decidió incluir la demanda de bombeo de agua. La Tabla 2.10, resume la situación actual de gasto energético.

TABLA 2.10
 Uso actual de energía en la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Grupo	Disponibilidad	Fuente
Iluminación	Si	Lámparas LFC, focos incandescentes
Entretenimiento/información	Si	Grabadora, TV 19"
Refrigeración / calefacción	Si	6 pies
Fuerza	No	-
Bombeo de agua	No	-

Iluminación

Para iluminación de cinco cuartos, una cocina, sala / comedor, dos baños, y, una bodega, actualmente se utilizan lámparas LFC y focos incandescentes, por alrededor de 20 horas diarias. La Tabla 2.11, muestra el requerimiento horario de iluminación en la vivienda estudiada.

TABLA 2.11
 Demanda horaria de iluminación para la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Iluminación	Mañana	Tarde	Noche
Cuarto 1	06h30 a 07h00	-	19h30 a 22h00
Cuarto 2	06h00 a 06h30	-	20h00 a 21h30
Cuarto 3	-	-	19h00 a 21h00
Cuarto 4	-	-	20h30 a 21h30
Cuarto 5	-	-	20h00 a 22h00
Cocina	06h30 a 08h00	12h30 a 14h00	19h00 a 20h00
Sala/Comedor	06h30 a 07h00	13h00 a 13h30	19h00 a 20h00
Bodega	07h00 a 07h15	-	-
Exterior	-	-	19h00 a 22h00
Baños	06h30 a 06h50	15h00 a 15h20	20h00 a 20h20

Sobre la base de los horarios actuales de este requerimiento, se estimó el requerimiento de energía en horas de operación (Ver Fig. 2.8).

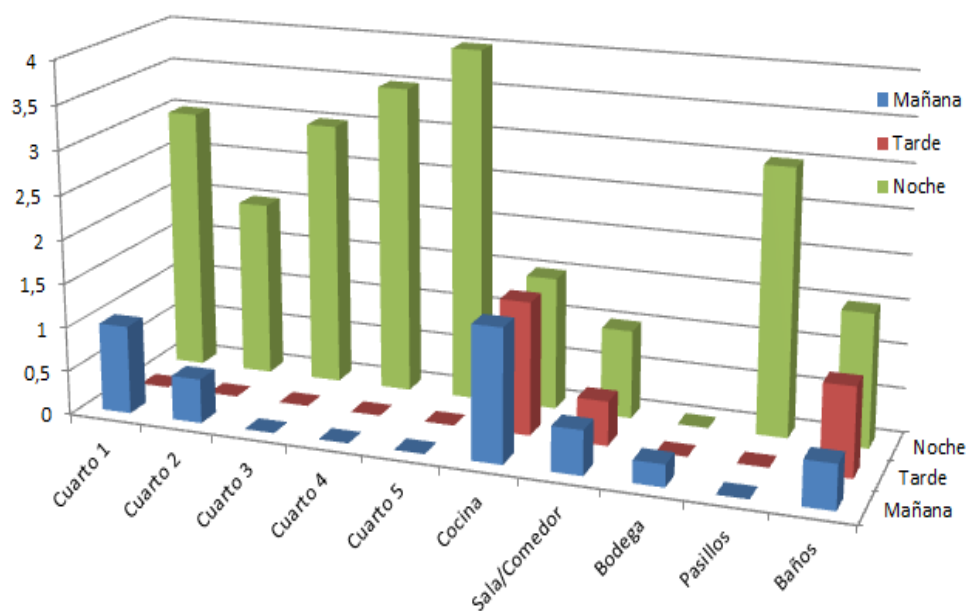


Fig. 2.8 Demanda de energía para iluminación, en horas, para la vivienda rural tipo de clima subtropical.

La demanda optimizada de energía se calculó, a partir de la situación actual, eliminando los focos incandescentes. La Tabla 2.12, muestra los resultados obtenidos. Para iluminación, el sistema autónomo debería proporcionar 1121,25 W/día.

TABLA 2.12
Demanda de energía para iluminación de la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Iluminación	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Cuarto 1	1	100	3	300,00
Cuarto 2	1	25	2	50,00
Cuarto 3	1	25	2	50,00
Cuarto 4	1	25	1	25,00
Cuarto 5	1	25	2	50,00
Cocina	1	25	4	100,00
Sala/Comedor	2	60	2	240,00
Baño	2	60	1	120,00
Bodega	1	25	0,25	6,25
Exterior	3	20	3	180,00
Total (W.día)				1121,25

Entretenimiento / Información

La Tabla 2.13 resume la demanda horaria de entretenimiento e información en la vivienda, mientras que la Fig. 2.9 muestra el requerimiento de energía, en horas de operación.

TABLA 2.13
Demanda horaria de entretenimiento/información para la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Entretenimiento	Mañana	Tarde	Noche
Grabadora	09h00 a 13h00	-	-
TV 21"	07h00 a 08h00	13h00 a 14h30	18h30 a 21h00

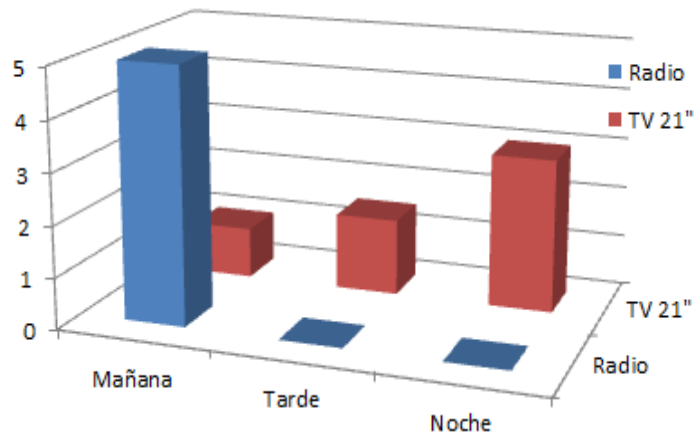


Fig. 2.9 Demanda de energía para entretenimiento / información, en horas, para la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Para la proyección de la demanda de energía en entretenimiento e información, se determinó la potencia exigida por equipos eficientes disponibles en el mercado, una grabadora de 13 W y un televisor de 19" de 35 W. La potencia total requerida se estimó en 48W (Ver Tabla 2.14). Para suplir la demanda de energía en este grupo, el sistema autónomo deberá proporcionar 179 W/día.

TABLA 2.14
Consumo proyectado de energía para entretenimiento /
información de la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Entretenimiento	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Grabadora	1	13	4	52
TV 19"	1	35	4	140
Total (W.día)				192

Refrigeración / calefacción

La vivienda cuenta con un sistema de refrigeración para conservar frescos los alimentos de consumo diario, pero no cuenta con un sistema de calefacción por cuanto está ubicada en zona rural de clima subtropical.

La demanda de energía en este grupo, se calculó asumiendo el uso de equipos eficientes disponibles en el mercado, cuya potencia estimada es de 400 W. La demanda de energía en este grupo es del orden de los 3200 W/día (ver Tabla 2.15).

TABLA 2.15
Consumo de energía para refrigeración / calefacción de la
vivienda rural tipo de clima subtropical.

Refrigeración	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Refrigerador	1	400	8	3200
Total (W.día)				3200

Bombeo de agua

Partiendo de una capacidad propuesta de bombeo de 25 litros diarios, a través de equipos de 500W de consumo máximo, 4 horas diarias, se determinó que la demanda de energía será del orden de los 2000 W/día (ver Tabla 2.16).

TABLA 2.16
Consumo proyectado de energía para bombeo de agua de la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Refrigeración	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (hora/día)	Energía requerida (Wh/día)
Bombeo de agua	1	500	4	2000
Total (W.día)				2000

Uno de los principales problemas para los pequeños productores es la falta de un sistema de riego adecuado en sus viviendas, ya que tienen que sembrar de acuerdo a los ciclos climáticos que traen como resultado productos de baja calidad, poco rendimiento y una cosecha al año. Al utilizar un sistema de riego adecuado, por ejemplo un sistema de goteo, se logra reducir el consumo de agua hasta en un 70%, e, introducir una mayor diversidad de cultivos para mejorar el flujo de efectivo; que pueden procesarse y venderse a mejores precios en los centros urbanos, de esta manera, las viviendas rurales se benefician con la incorporación de un valor agregado. La forma de proporcionar energía desde un sistema autónomo hacia un sistema de riego eficiente será analizada en trabajos futuros.

Demanda total

Identificados los requerimientos, y, proyectada la demanda de energía a proporcionar desde el sistema autónomo para cada uno de los grupos, la demanda total de energía se estimó en 6513,25 W/día (Ver Tabla 2.17). La Fig. 2.10 muestra la demanda proyectada de energía, por grupo de consumo.

TABLA 2.17
Demanda total de energía en la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Grupo	Energía requerida (W/día)
Iluminación	1121,25
Entretenimiento / información	192,00
Refrigeración / Calefacción	3200,00
Fuerza	0,00
Bombeo de agua	2000,00
Total (W.día)	6513,25

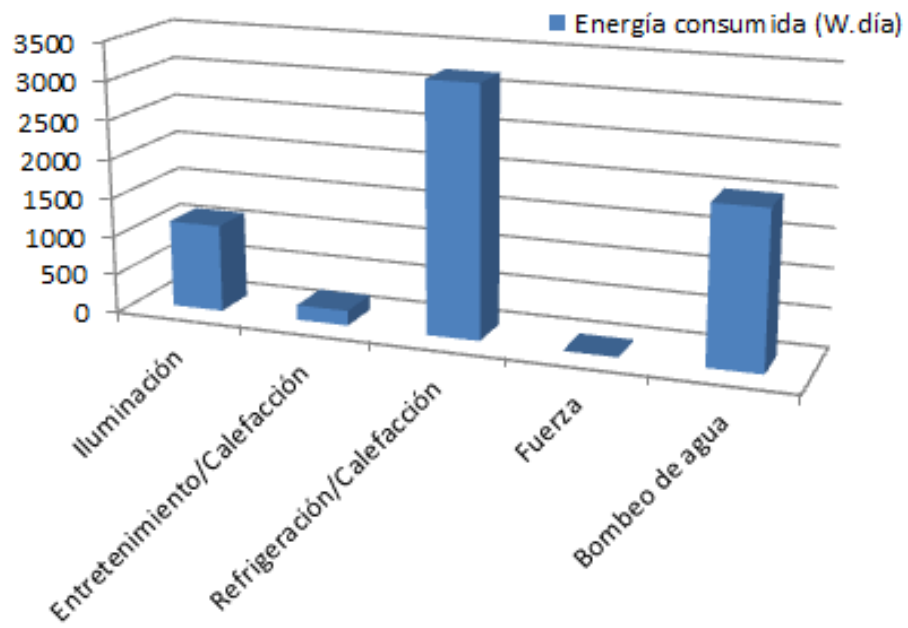


Fig. 2.10 Demanda de energía por grupo de consumo, en la vivienda rural tipo de clima subtropical.

CAPÍTULO 3: SISTEMAS ACTIVOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE POTENCIAL APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE LOJA

3.1 POTENCIALES FUENTES DE ENERGIA RENOVABLE

Considerando la diversidad de clima, y, las condiciones geográficas generales de la provincia de Loja, se puede mencionar como energías no convencionales técnicamente aprovechables a la energía solar, a la eólica, a la biomasa, y, a la proveniente del ser humano.

3.1.1 Potencialidades para el aprovechamiento de la energía solar

Existe un gran potencial para el aprovechamiento de la energía solar [15] en gran parte de la zona rural de la provincia de Loja, debido a la intensa radiación solar. De acuerdo al Atlas Solar del Ecuador [16], la provincia de Loja registra un promedio anual de radiación solar de 4,84 KWh/m²/día. (Ver Fig. 3.1). Este potencial, puede ser aprovechado a través de sistemas fotovoltaicos y de sistemas termosolares [17], [18].

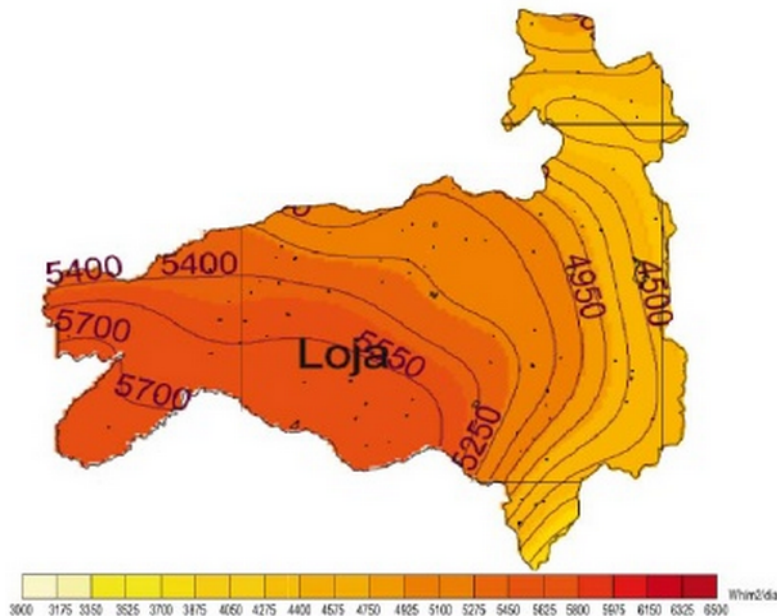


Fig. 3.1 Promedio anual de radiación solar en la provincia de Loja [Disponible en: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1792>]

La energía solar puede convertirse en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico [19], en paneles fotovoltaicos. El desarrollo de la tecnología fotovoltaica ha permitido ir de estructura como las mostradas en la Fig. 3.2, a estructuras más livianas incrustadas en soportes flexibles y ligeros, tipo CIGS y OPV (ver Fig.3.3). Esto permite que ventanas y paredes exteriores de una construcción puedan ser aprovechadas para el harvesting de energía [20].



Fig. 3.2 Paneles fotovoltaicos [Disponible en: <http://diarioecologia.com/el-precio-de-los-paneles-fotovoltaicos-disminuye-un-50-en-un-solo-ano/>]

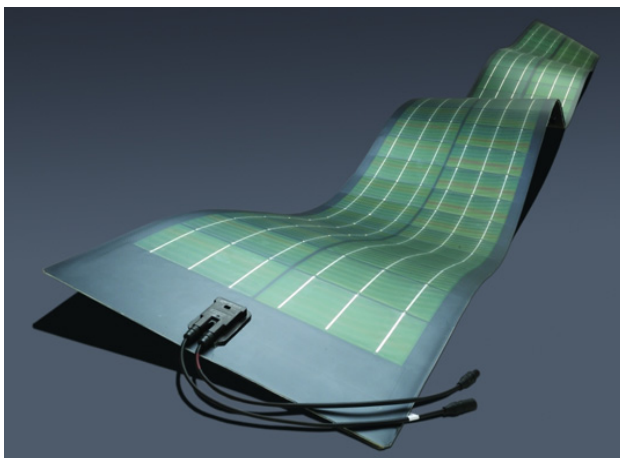


Fig. 3.3 Panel solar flexible [Disponible en: <http://elmiradorenlafrontera.blogspot.com/2010/09/paneles-solares-flexibles.html>]

El aprovechamiento fotovoltaico de la energía solar, permite implementar sistemas de generación energía eléctrica, en régimen autónomo o conectado a la red. Los sistemas fotovoltaicos autónomos generan energía eléctrica en formato CD, que se

almacena en baterías [21], y, pueden proveer energía para iluminación, bombeo de agua, fuerza, etc.

La energía solar puede convertirse en energía térmica, mediante colectores solares (ver Fig. 3.4.). Los colectores solares pueden proveer de agua caliente sanitaria (ACS), servicios de calefacción, u, opciones de harvesting de energía [22].



Fig. 3.4 Colectores solares [Disponible en: <http://es.chinasolarwaterheaters.net/Colectores+solares.htm>]

3.1.2 Potencialidades para el aprovechamiento de la energía eólica

La energía eólica aprovechable en la provincia de Loja, proviene de los cambios de presión y de temperatura en la atmósfera [21], y, de los cambios en la geometría de los canales que el aire recorre en la superficie terrestre.

El aprovechamiento de la energía eólica, parte del conocimiento de las variaciones estacionales del viento, de las variaciones diurnas y nocturnas, y, de la variación del viento respecto a la altura [15]. Como parte del Plan de Desarrollo Eólico de la provincia de Loja, impulsado por la empresa pública ENERSUR EP, se inició la sistematización de información confiable sobre el recurso eólico. Como consecuencia de este proceso, se ha identificado un portafolio de mezo proyectos (Villonaco, Ducal - Membrillo, Santo Domingo, Cachipamba, y, Huacacocha), con la capacidad de generar alrededor de 85

MW de energía. A noviembre de 2012, se construye el Parque Eólico Villonaco, a una altura de 2720 m.s.n.m., y, con la capacidad de generar 16.5MW de energía.

El conocimiento del mini recurso eólico, permitiría implementar sistemas de generación de energía eléctrica (en régimen autónomo o conectado a la red), sistemas de bombeo de agua, entre otros.



Fig. 3.5 Mini aerogenerador [Disponible en: <http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?id=5718&c=6&idm=10&pat=10>]

3.1.3 Potencialidades de aprovechamiento de energía de la biomasa

La biomasa es una fuente de energía renovable, fácilmente aprovechable en las zonas rurales. En este concepto se incluye materias orgánicas de origen vegetal o animal, incluyendo los productos y subproductos resultantes de su transformación: residuos forestales, residuos agrícolas leñosos y herbáceos, residuos biodegradables, residuos de la depuración de aguas residuales urbanas o de vertederos, etc. [15], [23]. (Ver Fig. 3.6)

La biomasa puede ser aprovechada de distintas formas, en función del potencial energético, homogeneidad, y, del volumen de disponibilidad. En forma general, el aprovechamiento va desde la generación directa de gases como el metano, hasta la generación indirecta de energía eléctrica, con subproductos como el kompost.



Fig. 3.6 Biomasa: residuos agrícolas [Disponible en: <http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?id=5718&c=6&idm=10&pat=10>]

3.1.4 Potencialidades de aprovechamiento de energía humana

Se conoce como energía humana, a la energía que el ser humano disipa y que es posible de capturar. La energía humana se disipa al pedalear, al bailar, al caminar, al jugar en juegos mecánicos, etc. [24].

El harvesting de energía humana proporciona recursos suficientes para potenciar procesos de bajo requerimiento de energía en las viviendas rurales, como el bombeo de agua o la generación de energía eléctrica (Ver Fig. 3.7).

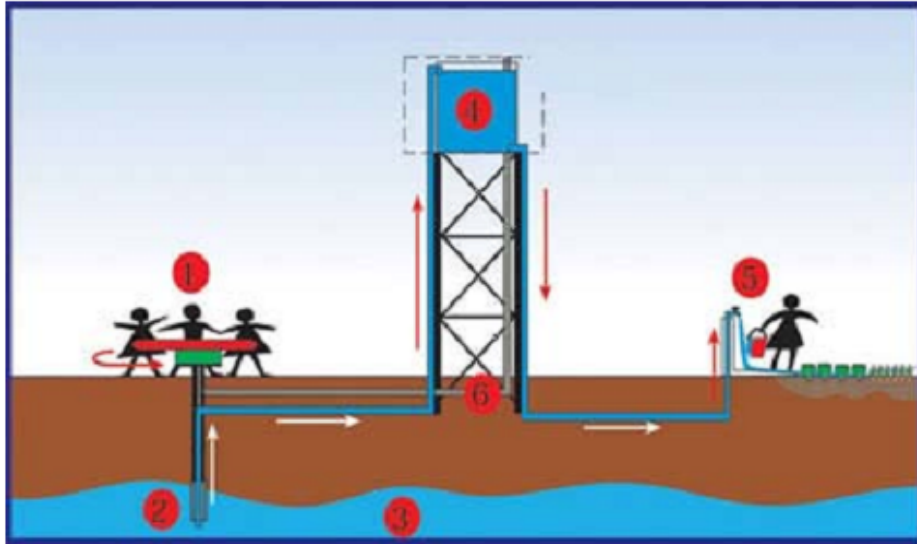


Fig. 3.7. Esquema básico de instalación de un sistema play-pump para bombeo de agua. PlayPumps International, 2008

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA PROVINCIA DE LOJA UTILIZANDO PVSYS

4.1 METODOLOGIA DE DISEÑO APLICADA

El diseño de sistemas PV autónomos, tiene como objetivo lograr la mayor fiabilidad y el menor coste posible, jugando con variables como tamaño del generador fotovoltaico, y, tamaño del acumulador.

Como apoyo al proceso de diseño, se emplea diferentes metodologías y software utilitario. En general (ver Fig. 4.1) [25], el proceso incluye el análisis del perfil de consumo, de la radiación solar disponible en zona, de las características eléctricas de las cargas, y, de las características técnicas de cada uno de los componentes elegidos. También se incluyen consideraciones a aspectos relativos a la propia instalación, como el voltaje de trabajo, el formato del voltaje (CD o AC), los días de autonomía, etc.

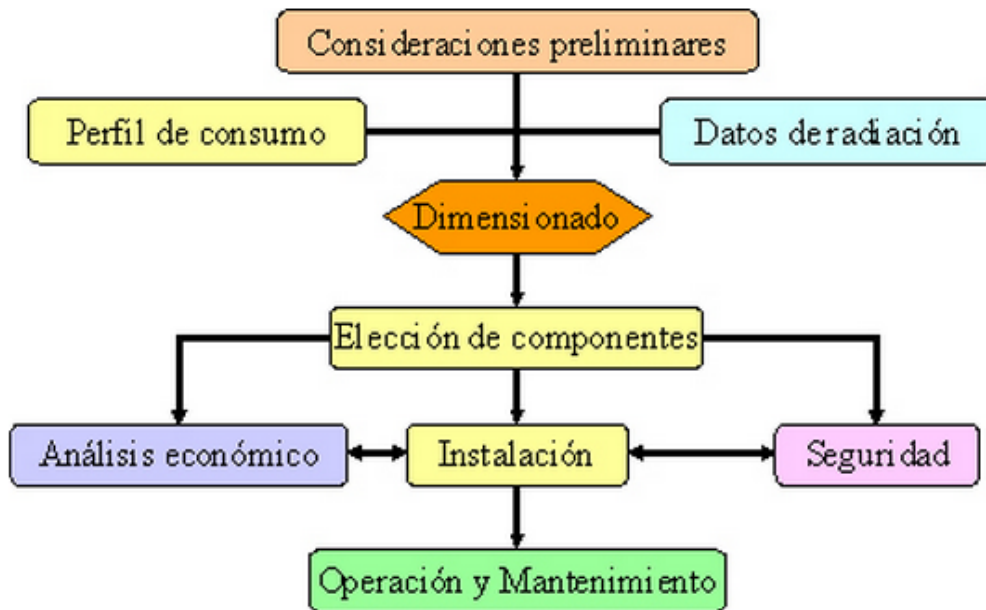


Fig. 4.1 Consideraciones generales para el diseño de sistemas fotovoltaicos. [Disponible en: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/diseño-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view]

4.2 FASE DE DISEÑO DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO

Sobre la base de la metodología descrita en el apartado anterior, se estableció los parámetros de diseño, y, se utilizó los recursos de la herramienta PVSYST para diseñar el sistema PV.

4.2.1 Perfil de consumo

En trabajos anteriores, se desarrolló la idea de que para cada vivienda rural se puede establecer una matriz específica de demanda de energía, que considere las condiciones climáticas de la zona, y, las características culturales y socioeconómicas de los habitantes. También se demostró que para las zonas rurales de la provincia de Loja, se podría optar por sistemas fotovoltaicos autónomos, para cubrir una demanda proyectada de 2KW por día.



4.2.2 Datos de radiación

Es indispensable contar con información sobre los niveles de radiación solar en el sitio en el cual se implementará el sistema PV.

En PVSYST, se puede gestionar esta información, ya sea desde la base de datos incluida en la herramienta, o, a partir de la carga manual de data.

Por cuanto la base de datos no contiene información relacionada a la provincia de Loja, se decidió obtener data de los niveles de radiación solar a través de la plataforma online NASA Surface Meteorology and Solar Energy [26]. A manera de ejemplo, se obtuvo la información disponible para las coordenadas 03°59'35" S de latitud y 79°12'15" W de longitud, correspondientes a al segmento de la calle 18 de Noviembre, comprendido entre Quito y José Feliz de Valdivieso, de la ciudad de Loja. La información obtenida como un archivo tipo .dat (ver Tabla 4.1), se cargó a la aplicación PVSYST a través de la opción importación base clima (ver Fig. 4.2).

TABLA 4.1
 Data disponible en la plataforma de servicios NASA Surface Meteorology and Solar Energy, sobre niveles de radiación solar en las coordenadas 03°59'35" S de latitud y 79°12'15"W de longitud. [Disponible en: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=3.99&lon=79.20&submit=Submit>]

 NASA Surface meteorology and Solar Energy: RTScreen Data 		
Latitude 3.99 / Longitude 79.2 was chosen.		
	Unit	Climate data location
Latitude	°N	3.99
Longitude	°E	79.2
Elevation	m	0
Heating design temperature	°C	24.48
Cooling design temperature	°C	28.39
Earth temperature amplitude	°C	0.82
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m ² ·d	kPa	m/s	°C	°C·d	°C·d
January	26.9	77.4%	5.02	101.1	4.6	28.4	0	525
February	26.9	76.6%	6.03	101.1	3.9	28.7	0	475
March	27.1	77.3%	6.24	101.0	3.1	29.3	0	529
April	27.5	79.5%	5.82	100.9	3.6	29.9	0	523
May	27.9	77.6%	5.20	100.9	5.9	29.5	0	555
June	27.5	76.2%	5.17	100.9	5.6	28.8	0	524
July	27.1	76.2%	5.17	101.0	5.1	28.5	0	531
August	27.0	77.6%	5.30	101.0	5.3	28.2	0	525
September	27.0	78.2%	5.31	101.1	5.4	28.4	0	508
October	26.8	78.9%	5.52	101.1	5.0	28.4	0	520
November	26.8	80.0%	5.02	101.1	4.0	28.6	0	502
December	26.9	79.0%	4.85	101.1	3.9	28.5	0	524
Annual	27.1	77.9%	5.39	101.0	4.6	28.8	0	6241
Measured at (m)					10.0	0.0		

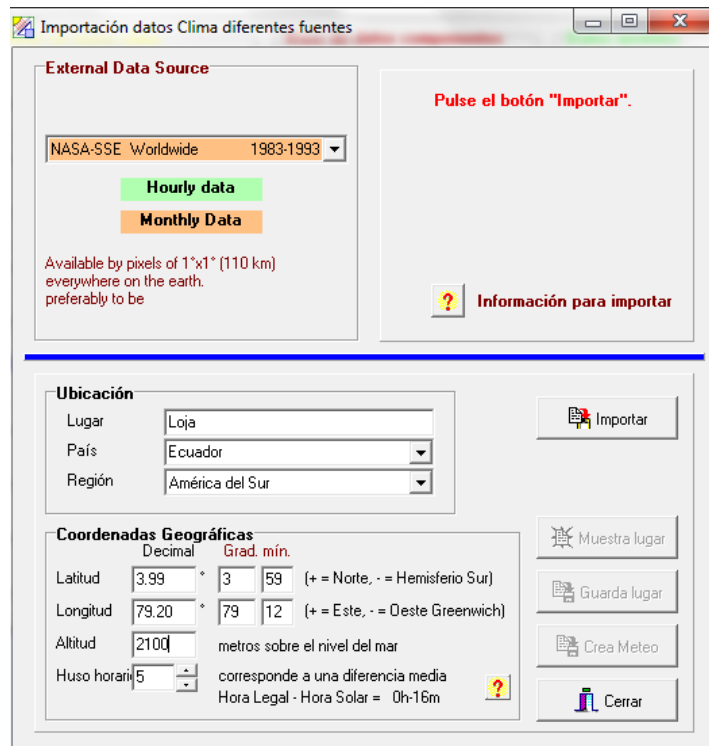


Fig. 4.2. Interface importación base clima en PVSYST

Cargada la información de radiación solar, a través de la opción del menú de herramientas tabla gráficos, se construyó el plano de irradiación global solar en la zona (ver Fig.4.3).

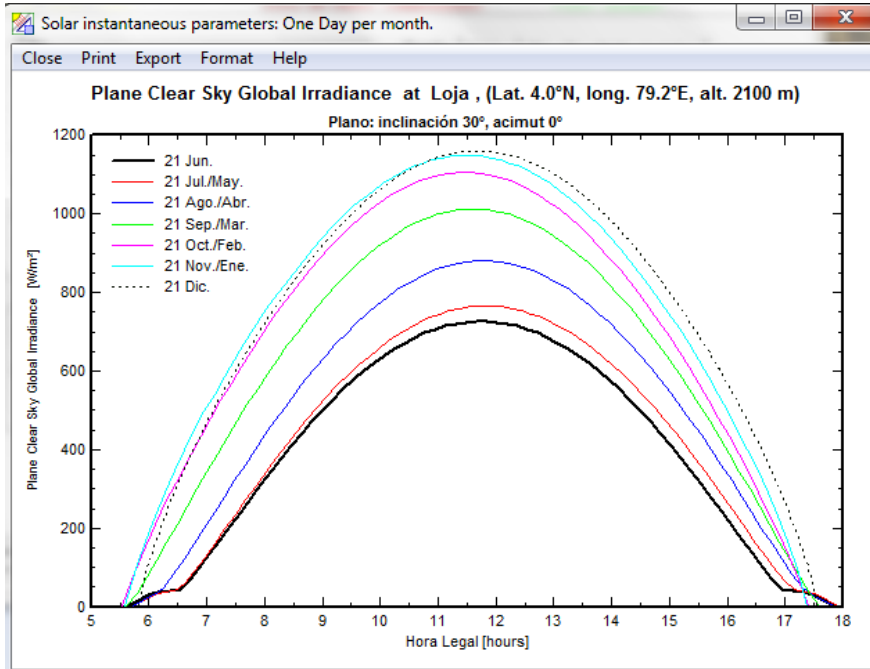


Fig. 4.3. Plano de irradiación global solar, obtenido a través de la opción tabla gráficos de PVSYST.

4.2.3 Dimensionamiento del sistema

En PVSYST, el dimensionamiento del sistema PV se inicia con la opción **diseño del proyecto**, declarando al sistema como **aislado**. La Fig. 4.4 muestra dos ventanas a través de las cuales PVSYST requiere información general respecto al proyecto,

Definiciones del proyecto y de la versión de simulación

El proyecto incluye principalmente la definición geográfica del LUGAR y el archivo CLIMA asociado por hora

Designación del proyecto

Nombre proyecto: Proyecto Vivienda rural autonoma Fecha: 06/09/2012

Cliente: Diego Pilco Teléfono: 2571167

Dirección: Imbabura y Bolivar Fax:

Ciudad: Loja Email: dapilco86@gmail.com

País: Ecuador

Anular Nuevo proyecto Cargar proyecto ar y Estación Meteorológica

Variante del sistema

Una versión del sistema incluye todos los parámetros requeridos para una

N° Variante: Nueva variante de simulación Nueva versión

Retorno (Cálculo)

Proyecto: Ubicación y estación meteorológica

Lugar Geográfico y Estación Meteorológica

País: Ecuador Lugar: Loja Base del satélite: Abrir

Archivo Clima: ec_loja_syn.met : Loja de NASA-SSE, Síntesis datos por hora Abrir ?

Acciones especiales

Lugar estación meteorológica => Lugar Copiar

Lugar del proyecto => Generar

Archivo síntesis clima

Retorno Anular Siguiete

Fig. 4.4 Información general sobre el proyecto, requerida por PVSYST

En el marco de este proyecto, el valor de albedo (la proporción reflejada de la radiación solar incidente en la superficie de la Tierra) se estableció en su valor típico de 0.2, para cada mes.

Debido a la cercanía de la provincia de Loja a la línea ecuatorial, la inclinación del panel respecto a la horizontal para aprovechar al máximo la luz solar directa durante todo el año, no es gravitante. Sin embargo, por temas de mantenimiento, los paneles solares pueden colocarse ligeramente inclinados para permitir que la lluvia limpie el polvo. Se recomienda una inclinación de 15° (ver Fig. 4.5). La selección de este ángulo es crucial por cuanto influye directamente en la cantidad de energía solar a capturar.

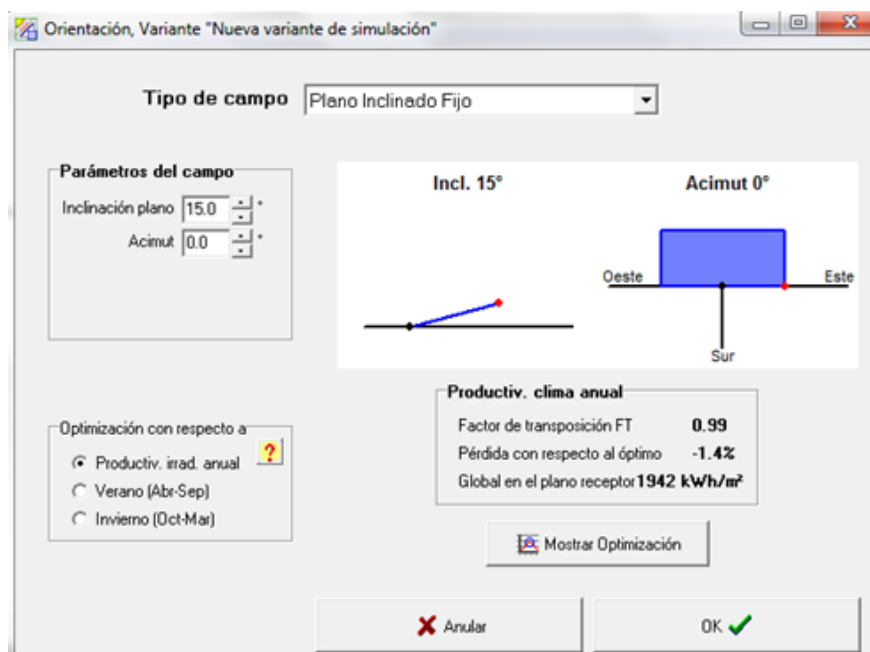


Fig. 5. Inclinación óptima del sistema fotovoltaico

Otra información importante requerida por PVSYSST, es el perfil de consumo proyectado, y, la autonomía del sistema. De acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción NEC-10 [27], un sistema PV tendrá una autonomía mínima de 2 días. En el marco de este proyecto, se decidió probar con una autonomía de 4 días, en un sistema potenciado a 24V.

Para configurar la conexión de módulos PV y de baterías de storage, debido a la disponibilidad en el mercado local, se preseleccionó un panel PV tipo Zytech 130p, y, una batería MILLENIUM de 105Ah. De entre los equipos disponibles en la base de datos de PVSYSST, se seleccionaron equipos con parámetros técnicos similares (ver Fig. 4.6).

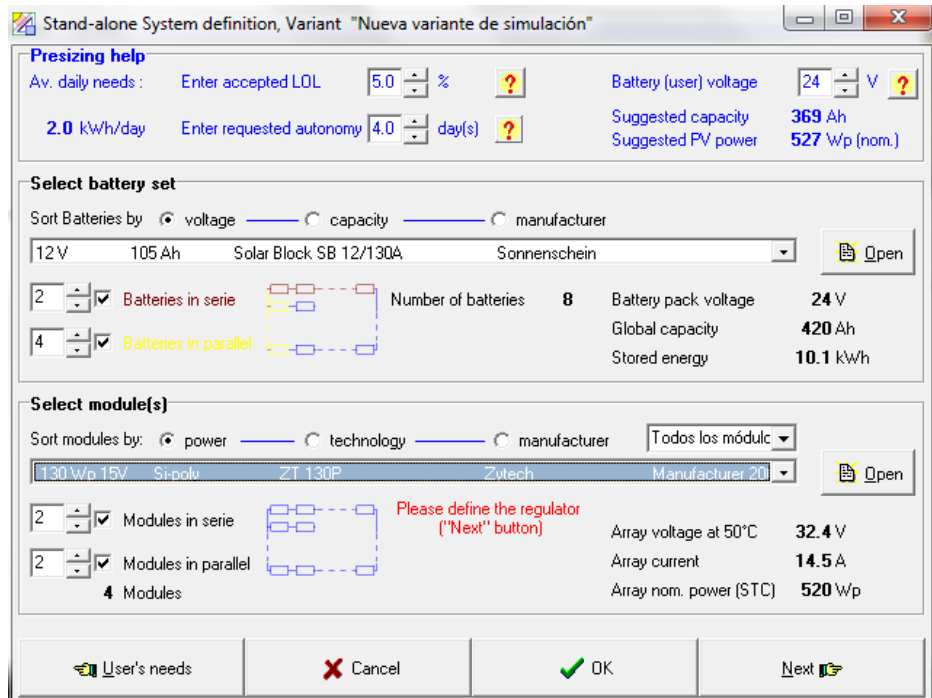


Fig. 4.6 Configuración de conexión de módulos PV y baterías de storage de energía

PVSYS permitió explorar algunos esquemas de conexión de los equipos, obteniendo como óptimo un requerimiento de 4 módulos PV, conectados en forma de 2 series paralelas, de 2 módulos cada una, para un total de 520Wp. El storage de energía se realiza en un arreglo de 8 baterías, conectadas en forma de 4 series paralelas, de 2 baterías cada una.

PVSYS también permite seleccionar el regulador de carga para el sistema. De entre las opciones disponibles, se seleccionó un regulador tipo Morningstar Prostar (ver Fig. 4.7).

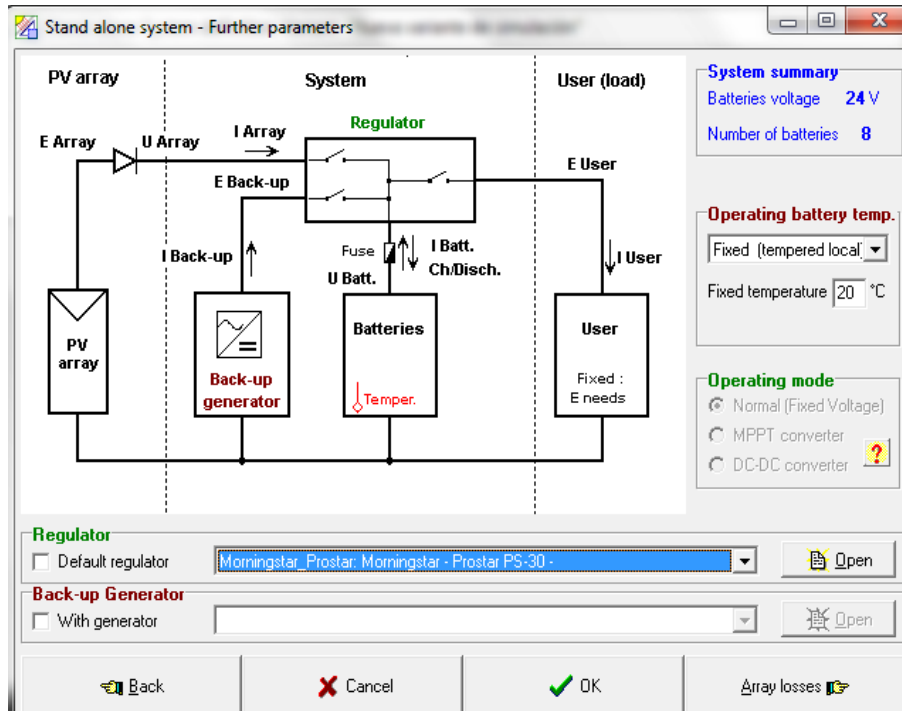


Fig. 4.7 Selección del regulador de carga para el sistema PV.

Para realizar correctamente la simulación de desempeño del sistema, PVSYS exige declarar las secciones y longitudes de las líneas (ver Fig. 4.8).

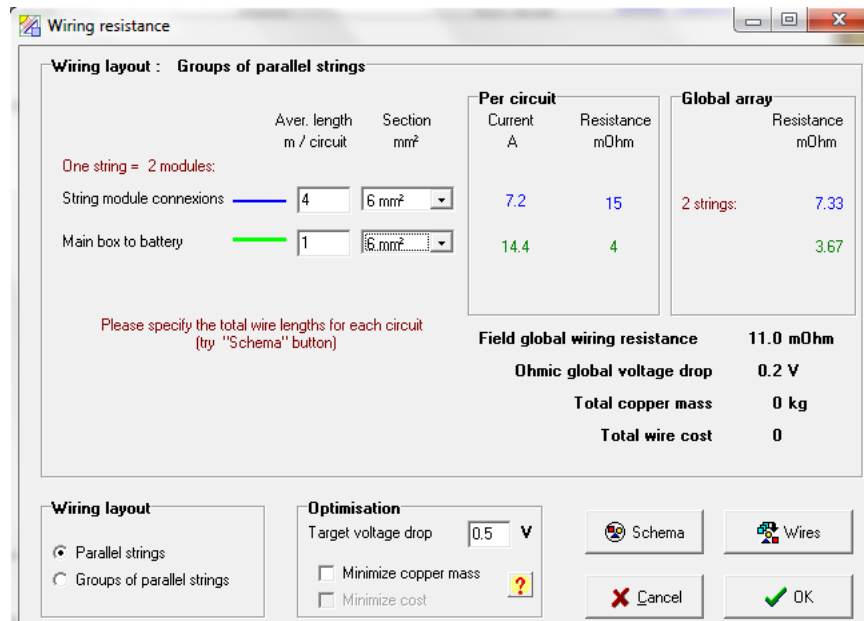


Fig. 4.8. Incorporación de la información sobre secciones y longitudes de las líneas eléctricas utilizadas en el sistema

La opción **schema** permite obtener un diagrama del cableado del sistema fotovoltaico autónomo propuesto (ver Fig.4.9).

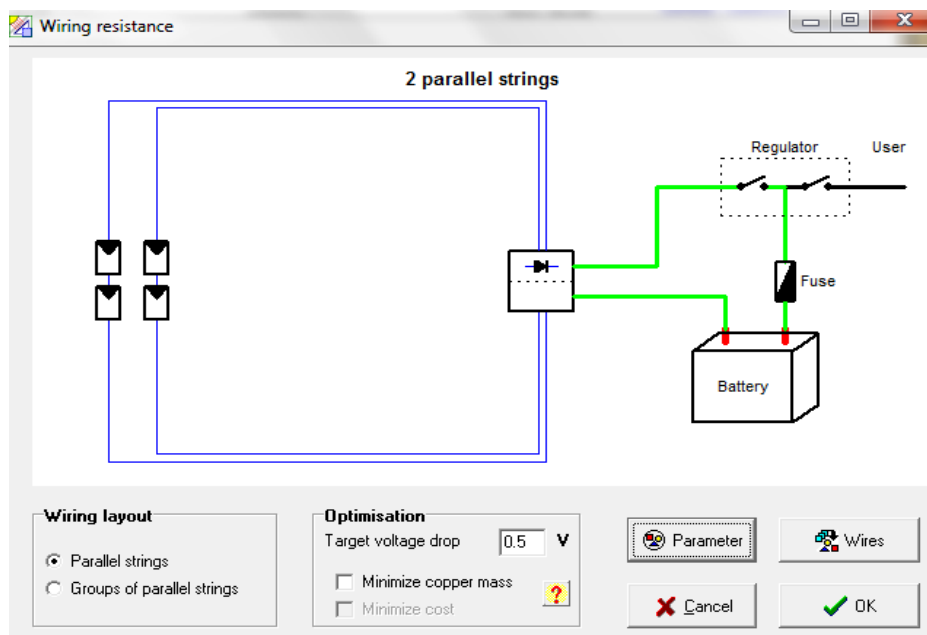


Fig. 9. Diagrama de cableado del sistema PV

4.3 FASE DE SIMULACIÓN DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO

PVSYST posee una interesante capacidad de cálculo para simular el desempeño del sistema PV diseñado. Los resultados obtenidos proporcionan excelente información para optimizar el sistema.

La Fig. 4.10, muestra el diagrama de pérdidas de energía en el sistema, obtenido como resultado de la simulación del desempeño con ayuda de PVSYST. El diagrama identifica y cuantifica pérdidas de radiación, pérdidas en el generador, y, pérdidas en el sistema de acumulación. La Fig. 4.11, describe la producción normalizada (mes a mes) de energía y los factores de pérdida de energía en el sistema. Se pudo determinar la existencia de meses en los que los módulos PV, generan más energía de la que se puede almacenar en las baterías, por lo que el regulador de carga simplemente la disipa.

La Fig. 4.12, muestra la variación anual del factor de rendimiento PR (barras rojas) y de la fracción solar del sistema (relación entre la energía solar disponible y la carga del sistema fotovoltaico). Se espera un factor de rendimiento cercano a 1, mientras que la

fracción solar oscila entre 0 (ninguna utilización de la energía solar) y 1.0 (toda la energía que se necesita se obtiene del sistema) [34].

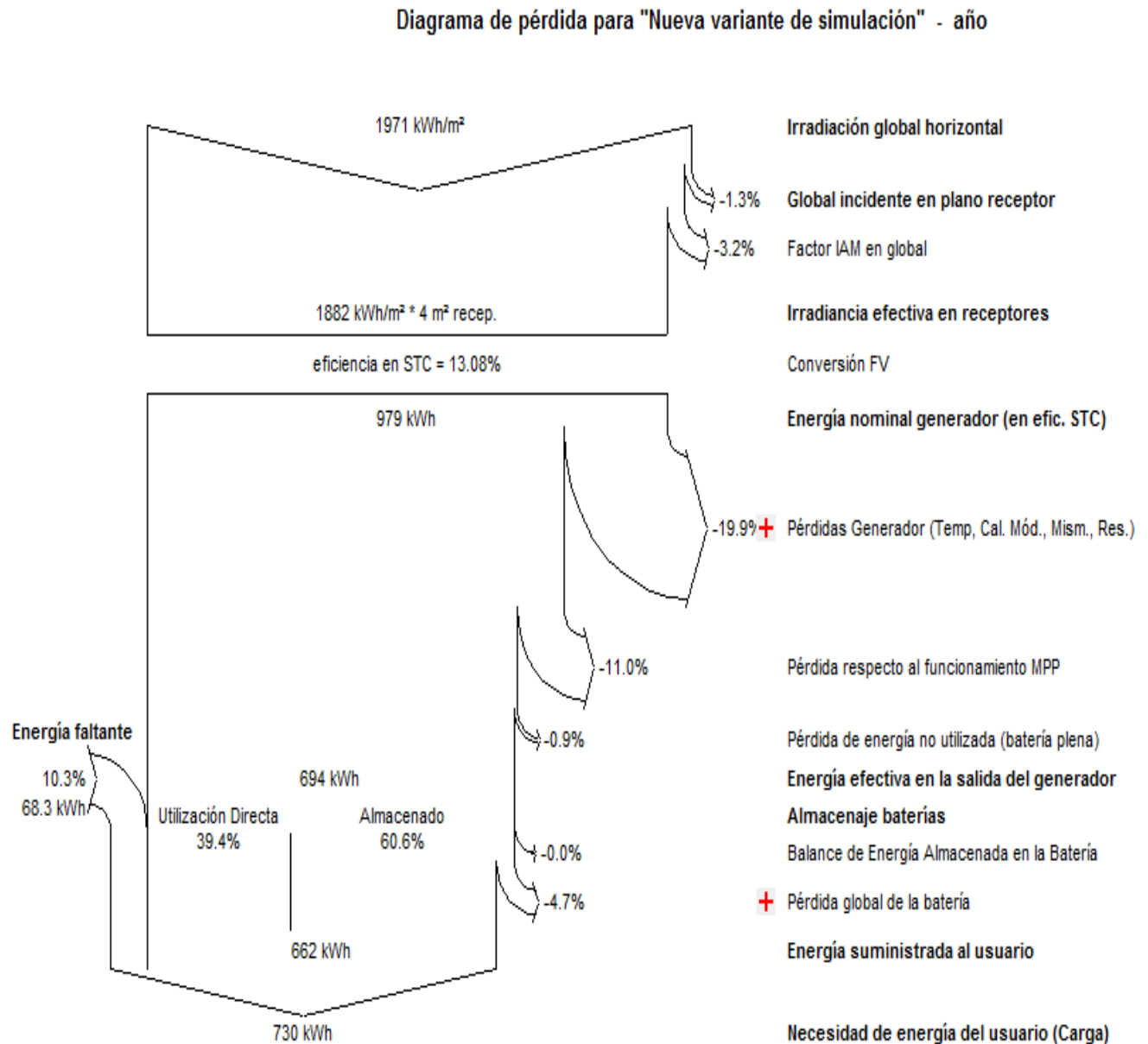


Fig. 4.10. Diagrama de pérdidas de energía, obtenido vía simulación de desempeño del sistema con ayuda de PVSYST

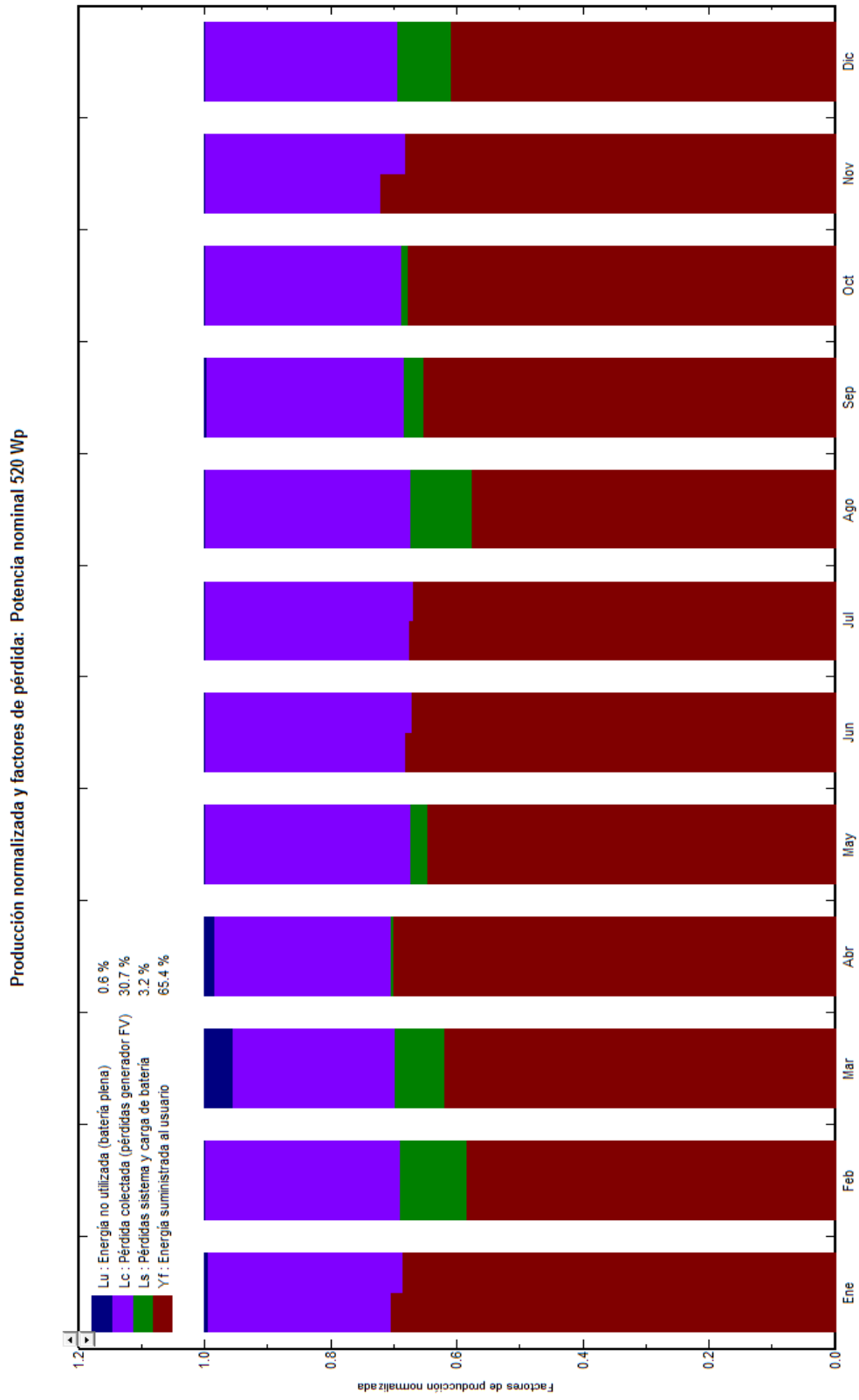


Fig. 4.11. Producción normalizada de energía y factores de pérdida en el sistema PV diseñado

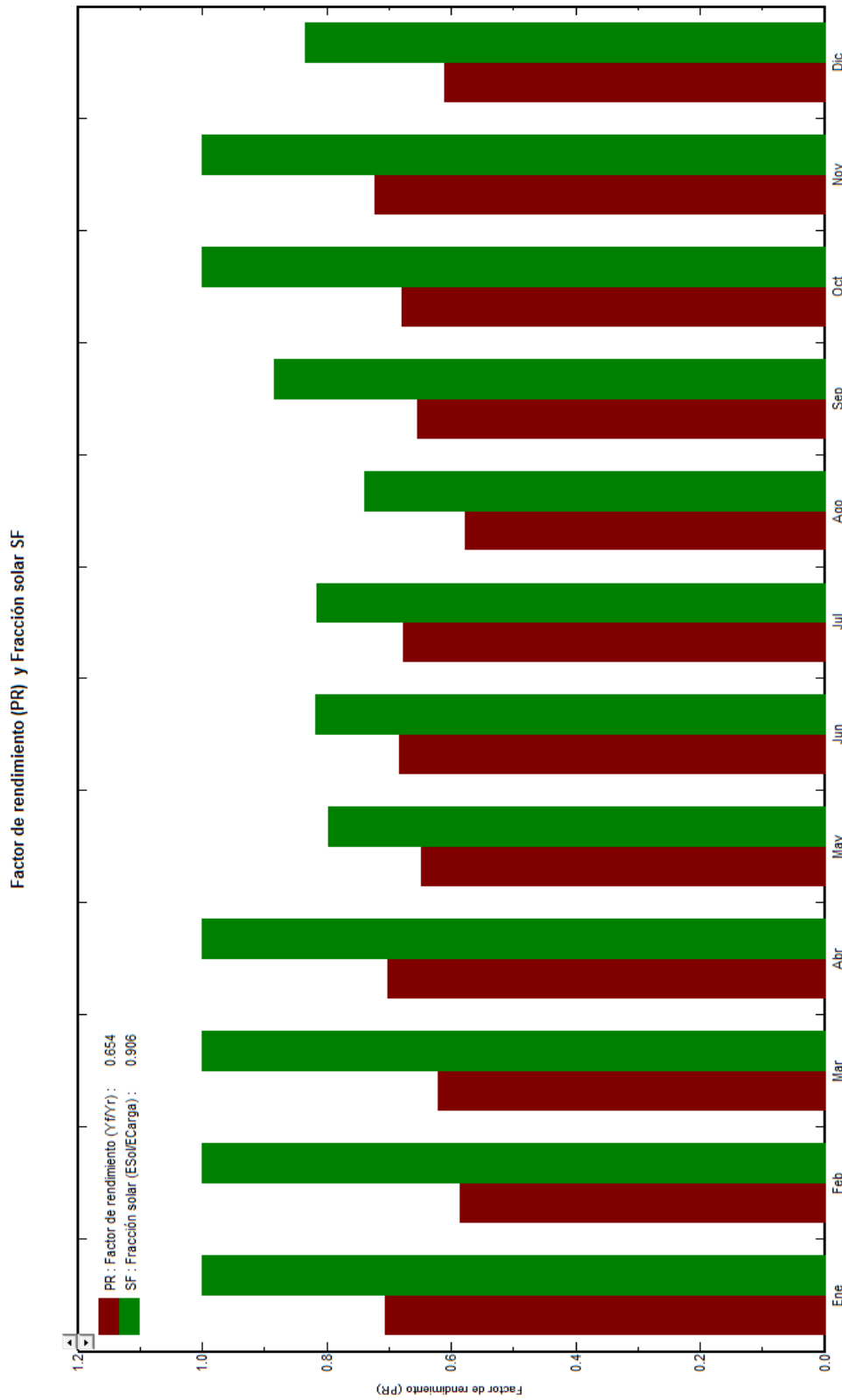


Fig. 4.12. Factor del rendimiento y fracción solar del sistema PV diseñado

La Tabla 4.2, muestra el balance general del sistema PV diseñado, mes a mes.

TABLA 4.2.
Balance energético del sistema PV

	Irradiación global horizontal KWh/m ²	Global efectivo, para IAM y sombreados KWh/m ²	Energía solar disponible KWh	Perdida de energía no utilizada (batería plena) KWh	Energía faltante KWh	Energía suministrada al usuario KWh	Necesidad de energía del usuario (carga) KWh	Fracción solar (EUtilizada/ECarga)
Enero	155.6	164.0	60.73	0.343	0.00	62.00	62.00	1.000
Febrero	174.9	178.8	66.03	0.000	0.00	56.00	56.00	1.000
Marzo	193.4	186.5	74.37	4.373	0.00	62.00	62.00	1.000
Abril	174.6	158.9	61.44	1.126	0.00	60.00	60.00	1.000
Mayo	161.2	141.0	51.48	0.043	12.62	49.38	62.00	0.796
Junio	155.1	132.5	48.28	0.014	10.96	49.04	60.00	0.817
Julio	160.3	138.0	50.12	0.036	11.37	50.63	62.00	0.817
Agosto	164.3	147.3	53.59	0.033	16.18	45.82	62.00	0.739
Septiembre	159.3	151.4	55.81	0.064	6.88	53.12	60.00	0.885
Octubre	171.1	170.8	63.03	0.005	0.00	62.00	62.00	1.000
Noviembre	150.6	155.0	56.79	0.000	0.00	60.00	60.00	1.000
Diciembre	150.3	157.8	58.80	0.023	10.30	51.70	62.00	0.834
Año	1970.7	1882.0	700.47	6.060	68.32	661.68	730.00	0.906

4.4 FASE DE SELECCIÓN FINAL DE COMPONENTES

La elección final de los componentes del sistema PV es crítica, ya que de ella dependerá la eficiencia final del sistema.

En el marco de este trabajo, la selección de componentes se realizó en función de la disponibilidad en el mercado local.

4.4.1 Elección final del panel fotovoltaico

La norma NEC-10 recomienda que el panel PV cumpla con lo previsto en la norma IEC-61215 y que cuente con diodos de protección de corriente inversa [27]. El panel PV Zytech, cumple con esos requerimientos. La Tabla 4.3, resume las principales características técnicas del panel PV seleccionado [28], mientras que la Fig. 4.13 muestra su característica V-I, y, la relación P vs V.

TABLA 4. 3.
Características técnicas del panel PV seleccionado

Características de las Células	
Tecnología	Silicio Policristalino
Numero de células	36
Dimensiones	156 156 mm
Características eléctricas	
Potencia máxima	130 Wp
Tensión a circuito abierto	21.64 V
Tensión punto máxima potencia	17.89 V
Intensidad de cortocircuito	7.95 A
Intensidad punto máxima potencia	7.27 A
Características estructurales	
Dimensiones L x W x H	1482 x 671 x 40 mm
Peso	12.5 Kg
Eficiencia del modulo	13.07%
TONC	47° C +/- 2° C

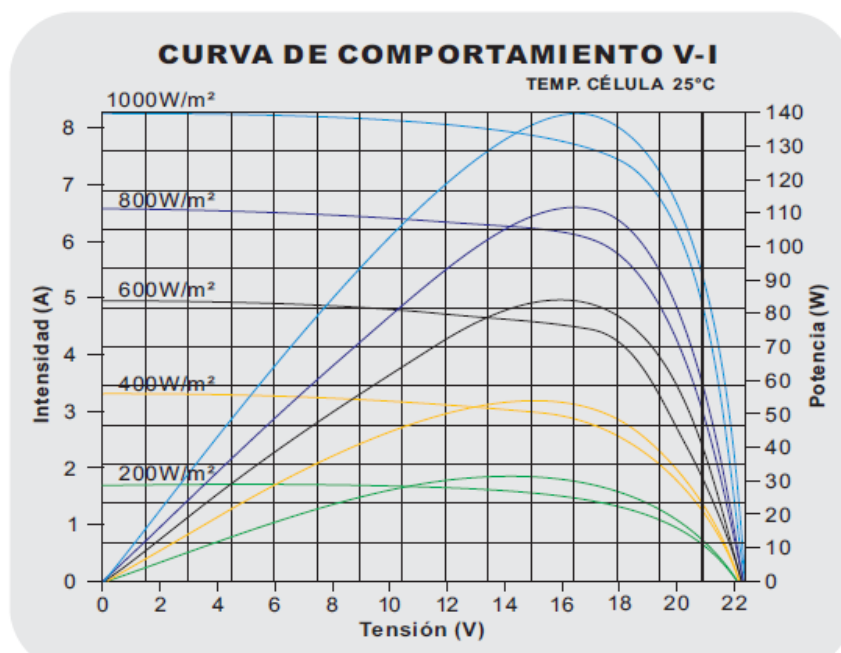


Fig. 4.13. Curva V-I y relación P vs. V, del panel PV Zytech 130p

4.4.2 Elección final de las baterías

La norma NEC-10 prevé que las baterías a ser empleadas en el sistema, sean fabricadas de conformidad con la norma IEC61427 [27]. Para este proyecto, se decidió la utilización de baterías MILLENIUM [29], diseñadas específicamente para sistemas de almacenamiento y respaldo de energía, con una capacidad de 105 Ah. La Tabla 4.4 resume las principales características técnicas de la batería seleccionada.

TABLA 4.4
Características técnicas de las baterías seleccionadas

Voltaje nominal	12 V
Numero de ciclos	1200 ciclos 20°C 700 ciclos 35°C
Tipo de electrolito	Libre
Densidad del electrolito	1.200 – 1.229 gr/lt
Dimensiones L x W x H	330 x 170 x 245 mm
Peso	36 g

4.4.3 Elección final del regulador

La norma NEC-10 prevé que el regulador de carga sea fabricado bajo la norma UL1741 [27]. El regulador seleccionado fue un Morningstar ProStar PS-30, cuyas características técnicas más importantes se resumen en la Tabla 4.5 [30].

TABLA 4.5.
Características técnicas del regulador seleccionado

Corriente nominal del panel solar	15 A
Corriente nominal de carga	15 A
Tensión del sistema	12/24 V
Autoconsumo	60 mA
Coefficiente de corriente LVD	-40 mA
Algoritmo de carga	PWM, tensión constante
Temperatura de operación	-40°C a +60°C
Peso	0.34 Kg
Dimensiones L x W x H	153 x 105 x 55 mm
Opciones	
Medidor digital	Si
Sensor remoto de temperatura	Si

4.4.4 Elección final del inversor

La norma NEC-10 prevé que el inversor sea fabricado bajo la norma UL 1741 [27]. Se seleccionó un inversor Sunny Boy 2000HF-US, cuyas características técnicas más importantes se resumen en la Tabla 4.6.

TABLA 4.6.
Características técnicas del inversor seleccionado

Entrada (DC)	
Max. recomendada de PV	2500W
Max. potencia DC ($\cos \phi = 1$)	2200 W
Max. voltaje DC	600V
Voltaje nominal DC	480 V
Max. Corriente de entrada	15 A
Salida (AC)	
Potencia nominal CA	2000 W
Max. potencia aparente CA	2000 VA
Voltaje nominal ajustable AC	208 V
Rango de voltaje AC	103 – 229 V
Rango de frecuencia de red AC	60 Hz
Max. corriente de salida	9.6 A
Factor de potencia ($\cos \phi$)	1
Eficiencia	
Max. eficiencia	97.3%
Datos generales	
Dimensiones L x W x H	348 / 727 / 183 mm
Peso	23Kg
Temperatura de funcionamiento (potencia máxima)	-25°C ... +45°C

4.4.5 Elección final del cableado

El cableado interno del sistema PV a implementar, debe cumplir con al menos una de las siguientes normas: Código Eléctrico Ecuatoriano, NEC 2008 / UL Type PV, UL 4703, USE-2, UNE 20.460-5-52, UTE C 32-502.

Adicionalmente, el cableado externo del sistema PV a implementar, debe ser apto para operar a la intemperie, según el Código Eléctrico Ecuatoriano [27], o, la norma internacional IEC 60811.

Tanto el cableado interno como el externo, deberán cumplir con el máximo de caída de tensión permitida (3% entre arreglo fotovoltaico y el regulador de carga, 1% entre la batería y el regulador de carga, y, 3% entre el regulador de carga y las cargas), razón por la cual, la sección mínima del cable solar, se determina en función de la corriente máxima a circular por el sistema I_{sc} . Se recomienda seleccionar una sección mínima tal, que permita fluir una corriente equivalente a $1.25 \cdot I_{sc}$.

En el marco de este proyecto, I_{sc} se fijó con la ayuda de PVSYST en 31.8 A, por lo que la sección mínima se seleccionó para un amperaje de 39.75 A. En función del amperaje soportado por los conductores catalogados AWG, se escogió una sección mínima de 6 mm² [27]. Con ayuda de la expresión (1), se verificó el cumplimiento del máximo de caída de tensión.

$$V_A - V_B = 2LI / 56S \quad (1)$$

En dónde,

- S, es la sección del conductor, mm².
- L, es la longitud del conductor, m.
- I, es la intensidad máxima que circula por el conductor, A.
- $V_A - V_B$, es la caída máxima de tensión en la línea, V.

Como verificación, se observó que la longitud de la línea entre los paneles PV y el regulador de carga, es de 2 m. Para una intensidad máxima de 39.75 A, y, una sección de 6mm², la caída de tensión es de 0.7V, equivalente al 2.91%, por lo que la norma esta cumplida.

4.5 FASE DE IMPLANTACION DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO

4.5.1 Ubicación de los paneles PV

La estructura de soporte de los paneles PV, puede ser construida de diversos materiales, tales como: aluminio, acero inoxidable, hierro galvanizado, madera tratada,

etc. La estructura de soporte debe ser estable, rígida, y, durable, que soporte la fuerza del viento, lluvias, y, otras condiciones adversas.

La cercanía de la provincia de Loja a la línea equinoccial, faculta el uso de estructuras estáticas, inclinadas hacia el norte con un ángulo no mayor a 15° .

La ubicación de los paneles esta condicionada por la disponibilidad de espacio y la no presencia de sombras. En caso de utilizar cubiertas para ubicar los paneles, es necesario considerar las implicaciones estructurales, como el peso o el área a ocupar.

4.5.2 Dispositivos de protección

El bajo voltaje de operación de los sistemas PV autónomos utilizados en viviendas, no representa peligro alguno.

El máximo riesgo proviene de la batería, debido a los altos valores de corrientes de cortocircuito. Por esta razón, tanto baterías como reguladores de carga, se deben proteger contra sobrecorrientes, y, contra corrientes de cortocircuito. Estas protecciones deben tener efecto tanto sobre la línea del generador fotovoltaico, como sobre la línea de las cargas, por lo que se implementan generalmente fusibles, diodos, breakers, etc. [32].

4.5.3 Puesta a tierra

En las instalaciones fotovoltaicas, existe controversia sobre la conveniencia o no de conectar la estructura metálica de los paneles a tierra. Como norma general, la estructura metálica soporte de los paneles, se recomienda conectada a tierra, lo que en instalaciones pequeñas no suele suceder [33].

En caso de realizarse, el diseño de la toma de puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas, deberá seguir las recomendaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en el que se especifica que la toma de tierra tendrá una resistencia inferior a 10 Ohmios.

4.5.4 Caseta de equipos

Se deberá construir una pequeña caseta para alojar los equipos del sistema PV. Las normas prevén la ausencia de ventanas para evitar los rayos UV y el polvo, y, la presencia de una puerta con cerradura para evitar riesgos innecesarios en personal no autorizado. Se sugieren niveles mínimos de iluminación del orden de los 300 luxes.

Las baterías se colocarán en una estantería, debidamente sujetadas. Entre la estantería y la caseta, deberá existir un pasillo de 75 cm mínimo, para mantenimiento.

El regulador se ubicará a una distancia mayor a 0.5m respecto a las baterías, para minimizar riesgos de explosión, y, a una altura máxima de 1.7m [27].

La ventilación de la caseta se organizará a través de rejillas laminadas en forma de V, que impidan la entrada de lluvia en el interior. Además se deberá instalar un extintor de CO₂, de eficacia mínima 21B, ubicado junto a la puerta de entrada.

Las paredes exteriores deberán ser recubiertas con pintura de color blanco, y; de color marrón las superficies de cubiertas, puertas, y, rejillas de ventilación.

4.6 ASPECTOS AMBIENTALES Y DISPOSICION FINAL DE LOS COMPONENTES

Cada componente del sistema PV tiene una vida útil diferente, determinada por el diseño, los materiales de fabricación, la operación, y, el mantenimiento.

La norma ecuatoriana NEC-10, sobre sistemas PV, recomienda diferentes formas de disposición final de los componentes una vez que el sistema salga de operación [27]. Los accesorios deberán ser desmontados cuidadosamente, para una posterior revisión y reutilización certificada.

4.6.1 Disposición final de paneles fotovoltaicos

El vidrio del panel PV, deberá ser retirado utilizando herramientas de corte, y, separado del material aglomerante y sellante. El vidrio se enviará a máquinas trituradoras, para producir astillas de 25 mm de diámetro máximo. Las astillas serán tamizadas, lavadas, y, fundidas en hornos, en los que se mezclarán con un 20% de materia prima virgen.

Las celdas solares, deberán ser fundidas con la red de conexiones de aluminio, lo que demanda de procesos especiales para su disposición final. El uso de hornos de alta temperatura en atmósfera interna, es el método más aconsejable para separar las capas de vidrio, las celdas, y, el aluminio para su reutilización.

El marco de aluminio anodizado, los tornillos y remaches donde se aseguraron las conexiones del panel, deberán ser retirados manualmente, antes de su disposición final.

4.6.2 Disposición final del regulador de carga y del inversor

Los componentes con metales pesados, partes de cobre y semiconductores, deberán ser desmontados manualmente para disponerlos por separado, según cada material.

4.6.3 Disposición final de las baterías

El proveedor u otro agente, será el responsable de gestionar el reciclado de la batería y su disposición final.

4.7 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL SISTEMA PV AUTÓNOMO

La Tabla 4.7, resume un presupuesto referencial para la implementación del sistema PV autónomo, considerando rubros como planificación del proyecto, mano de obra, y, materiales y equipos.

TABLA 4.7.
Presupuesto referencial de implementación del sistema PV
autónomo

<i>Materiales y equipos</i>	6247.10
<i>Mano de obra</i>	1160.00
<i>Total de presupuesto (materiales y mano de obra)</i>	7407.10
<i>Dirección técnica y administración (15%)</i>	1111.06
<i>Imprevistos (5%)</i>	370.35
Total presupuesto general (USD)	8888.52

CAPÍTULO 5: MODELOS DE GESTIÓN DEL AGUA EN VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES

5.1 GENERALIDADES SOBRE LA COSECHA DE AGUAS LLUVIAS

La cosecha de aguas lluvias es un opción viable para las zonas rurales, tanto desde una perspectiva ambiental como económica. El agua de lluvia cosechada, puede ser empleada para consumo humano (con tratamientos adicionales) o para otros usos [35].

La Fig. 5.1, muestra una aproximación a la distribución del consumo de agua por una persona, y, puntualiza en los rubros en los que el agua de la red pública puede ser sustituida por agua lluvia cosechada [37].

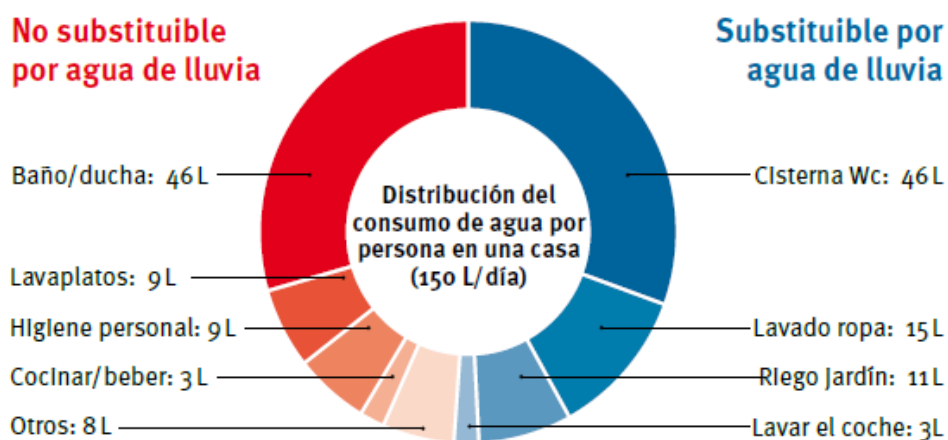


Fig. 5.1. Distribución del consumo de agua y potencialidad de remplazo del agua de la red pública por agua lluvia cosechada.
[Disponible en: <http://www.grafiberica.com/>]

Un sistema para cosecha de aguas lluvias consta de módulos de captación, recolección y conducción, interceptor de primeras aguas, almacenamiento, filtración, tratamiento del agua, y, bombeo y distribución (ver Fig. 5.2).

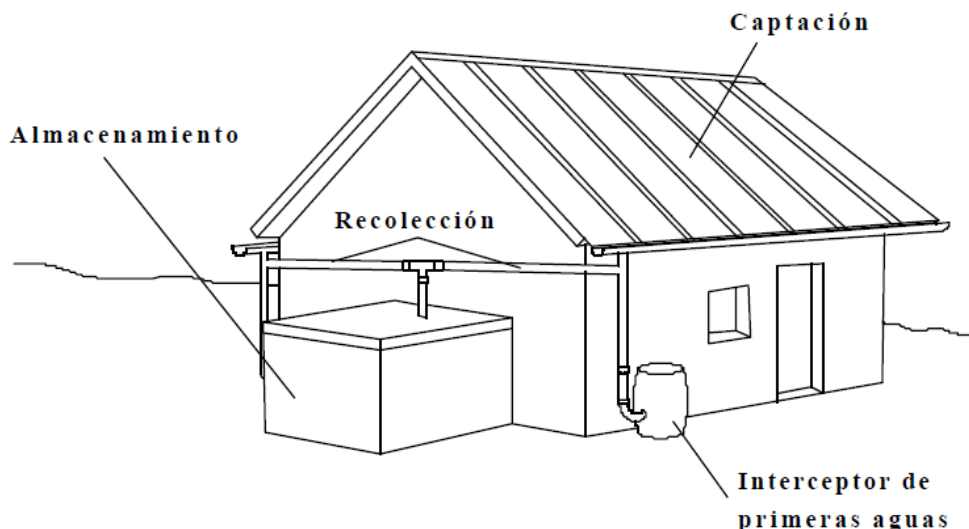


Fig. 5.2. Componentes del sistema de cosecha de agua de lluvia.
 Disponible en: <http://www.pnuma.org/reclnat/esp/documentos/cap3.pdf>

5.1.1 Módulo de captación

El módulo de captación recoge la lluvia. Por lo general, se utilizan los techos, con una superficie suficiente para recolectar el equivalente a la demanda de agua de la vivienda.

La elección del tipo de techo a utilizar, depende de factores como material (debe estar libre de sustancias contaminantes), superficie útil, y, forma (debe facilitar el escurrimiento hacia el módulo de captación) [36]. En viviendas, para facilitar el escurrimiento, se usan techos con pendientes entre 20% y 27% (para cubiertas de cinc y tejas de fibra de cemento), entre 30% y 60 % (para techos con diferentes de teja de barro), y, entre 50% y 80% (para techos de paja o de palma).

5.1.2 Módulo de recolección y conducción

Este módulo está conformado por el conjunto de canaletas y tuberías que conducen el agua lluvia, desde la captación al módulo de almacenamiento [36].

Para la recolección se emplean canaletas (Ver Fig. 5.3) instaladas en los bordes bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. Por lo general se construyen con materiales livianos, de alta duración, que exigen poco

mantenimiento (aluminio, láminas galvanizadas, PVC), con un ancho mínimo de 75mm y máximo de 150mm. En ocasiones, se puede utilizar canaletas con mallas (filtros), para la retención de basura, excremento de aves, hojas, etc. (ver Fig. 5.4).



Fig. 5.3 Módulo de recolección y conducción: canaletas [Disponible en: http://www.deguate.com/artman/publish/bienesraices_actualidad/Novedoso_sistema_de_canales_de_pvc_para_la_tempora_9602.shtml]

Para la conducción se utilizan materiales PVC.

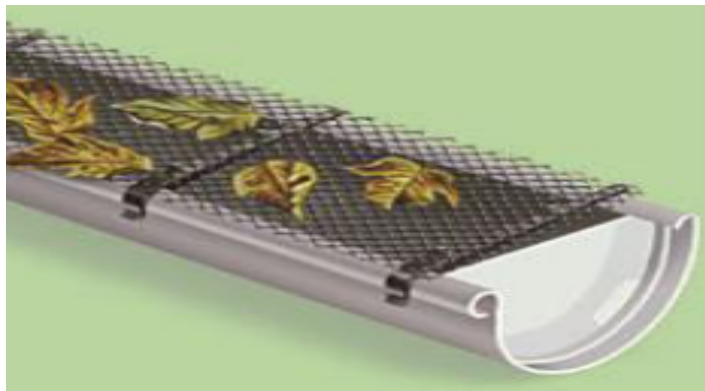


Fig. 5.4 Módulo de recolección y conducción con mallas [Disponible en: http://www.deguate.com/artman/publish/bienesraices_actualidad/Novedoso_sistema_de_canales_de_pvc_para_la_tempora_9602.shtml]

5.1.3 Módulo interceptor de primeras aguas

Este módulo permite minimizar la contaminación del agua cosechada, al retener los materiales depositados sobre el techo al inicio de la lluvia.

Por lo general, se emplean tanques cuyo volumen se determina a partir de la premisa de que se requiere 1 litro de agua para “lavar” 1 m² de techo (ver Fig. 5.5).

El módulo incluye un controlador que permite el llenado del tanque hasta el volumen predeterminado, y, que una vez alcanzado este, desvía el flujo de agua hacia el módulo de almacenamiento. El contenido del tanque, puede ser destinado luego para riego u otros usos.



Fig. 5.5 Filtración de primeras aguas [Disponible en: <http://www.tuverde.com/tag/tips/page/2/>]

5.1.4 Módulo de almacenamiento

Este módulo está representado por cisternas o tanques, en los que se almacena el agua de lluvia cosechada, previo su tratamiento [36].

Para reducir la evapotranspiración, y, minimizar el uso de espacio, el módulo de almacenamiento puede ser subterráneo, construido con materiales que garanticen duración e impermeabilidad.

Para almacenamiento sobre la superficie, se recomienda la construcción de unidades de no más de 2 m de altura, con tapa y escotilla para permita la limpieza de la unidad. Se debe prever también la colocación de mallas que eviten la entrada de insectos

y animales, y, debe contar con drenaje (ver Fig. 5.6).



Fig. 5.6. Almacenamiento de agua en zonas rurales [Disponible en: <http://www.tierramor.org/GranjaTierramor/agua2010.html>]

5.1.5 Módulo de tratamiento

El tratamiento del agua lluvia cosechada, depende del uso final. Para consumo humano, es necesario un tratamiento previo antes de la ingesta, dirigido a la remoción de partículas, y, al acondicionamiento bacteriológico [38].

Para la remoción de partículas puede emplearse un filtro de mesa de arena. Para el acondicionamiento bacteriológico, se puede utilizar cloro, rayos UV, ozonización, entre otros.

El uso de sistemas para el tratamiento de agua de consumo, que provechen energía solar, es un campo de investigación en desarrollo. Empresas como SOLVATTEN, han desarrollado módulos de procesamiento solar de agua potable (ver Fig. 5.7). Para tratar el agua, se utiliza una combinación de procesos de filtración, desinfección, y, pasteurización UV. En un periodo de entre 2 y 5 horas, el agua se lleva a temperaturas sobre los 55°C. El calor y la radiación UV eliminan los microorganismos, y, el agua queda apta para beber, para la preparación de alimentos, y, para aseo personal.



Fig. 5.7. Módulos de procesamiento solar de agua potable
[Disponible en: <http://www.solvatten.org>]

5.1.6 Módulo de bombeo y distribución

El bombeo permitirá crear presión en la red de distribución del agua, desde el almacenamiento hacia los puntos de consumo. La necesidad de bombeo dependerá de la ubicación del almacenamiento.

La red de distribución del agua cosechada, debe extenderse paralela a la red que emplea agua de la red pública, y, debe prever todas las medidas para evitar que las aguas se mezclen [39].

5.1.7 Potencialidad de cosecha de aguas lluvias en la Provincia de Loja

El diseño de un sistema de cosecha de aguas lluvias, parte del conocimiento del volumen de agua potencialmente cosechable, del volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades, y, de la capacidad del almacenamiento. Todas estas variables están expresadas como valores medios de consumo anual por persona.

El volumen de agua potencialmente cosechable, se calcula a partir de la expresión (1), en base al conocimiento de la precipitación media anual de la zona, del valor de la superficie de la cubierta en la que se cosechará el agua lluvia, y, del tipo de material de la

cubierta.

$$V_{\text{GR}} = P_{\text{MA}} * S_{\text{CV}} * C_{\text{ESC}} \quad (1)$$

En dónde,

P_{MA} es la precipitación media anual

S_{CV} es la superficie de la cubierta de la vivienda

C_{ESC} es el coeficiente de escurrimiento

En el marco de este proyecto, el diseño se realizó para una vivienda situada en el cantón Loja. De acuerdo a la data de la estación meteorológica La Argelia Loja [40], la precipitación media mensual en esta zona es de 76.4 mm; la precipitación media máxima (marzo) de 148.8 mm; y, la precipitación media anual alcanza los 917.3 mm. La Tabla 5.1, resume los valores de la precipitación media total, promediada entre el año 2000 y el 2008.

TABLA 5.1.
Precipitación media total en el cantón Loja, promediada para los años 2000 y 2008. [Disponible en: http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/files/04%20linea%20base_it%20cuenca-loja.pdf]

Mes	Precipitación media total (mm)
Enero	83.0
Febrero	121.4
Marzo	148.8
Abril	115.6
Mayo	59.9
Junio	72.8
Julio	44.5
Agosto	17.3
Septiembre	25.2
Octubre	70.6
Noviembre	84.5
Diciembre	93.5
Promedio Anual	917.3

Del tipo de material de la cubierta, dependerá el coeficiente de escurrimiento, cuyo valor para diferentes materiales se muestra en la Tabla 5.2 [41].

TABLA 5.2.

Coeficiente de escurrimiento para diferentes materiales.
 [Disponible en: <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap4.pdf>]

Tipo de cubierta	Coeficiente de escurrimiento
Tejado	0.9
Hormigón	0.8
Grava	0.8
Hojas de metal	0.7 / 0.9

Considerando una superficie útil de la cubierta de 120m², construida con teja, el volumen de agua lluvia cosechable es de:

$$V_{ar} = 917.3 \frac{l}{m^2} * 120m^2 * 0.9$$

$$V_{ar} = 99068.4 \frac{l}{año}$$

La Tabla 5.3 muestra un consumo medio anual de agua por persona, para aquellas actividades en las que el agua de la red pública puede ser remplazada por agua lluvia cosechada. Considerando que en la vivienda habitan 4 personas, y, que se regará una superficie de jardín de 10m², se aproxima la demanda de agua de acuerdo a la Tabla 5.4.

TABLA 5.3.

Consumo anual estimado de agua por persona (litros) [Disponible en: <http://www.ine.es/revistas/cifraine/0108.pdf>]

Baños (WC)	8800
Lavadora	3700
Limpieza general	1000
Riego de jardín por metro cuadrado	450

TABLA 5.4.

Demanda anual de agua prevista para cubrir las necesidades de la vivienda, litros

	Consumo anual	Número de personas	Subtotal
Baños (WC)	8800	4	35200
Lavadora	3700	4	14800
Limpieza general	1000	4	4000
Superficie de jardín	450	10 m ²	4500
Total de litros de agua necesaria (l/año)			58500

El almacenamiento se dimensiona a partir de la expresión (2), sobre la base del volumen de agua cosechable, de la demanda proyectada de agua, y, de un factor de reserva que considere la ausencia de lluvias. Para este proyecto se ha considerado ausencia de lluvias en períodos de 8 días.

$$M_{dep} = \frac{V_{ca} + \text{Agua necesaria}}{2} * \frac{\text{Periodo de reserva}}{365 \text{ días}} \quad (2)$$

$$M_{dep} = \frac{99068.4 + 58500}{2} * \frac{8 \text{ días}}{365 \text{ días}}$$

$$M_{dep} = 78784.2 * 0,0219$$

$$M_{dep} = 1725.37 \text{ l}$$

La capacidad final del almacenamiento dependerá de la oferta de tanques en el mercado, o de la capacidad de construcción de uno. Se sugiere que la capacidad final sea de 2000 litros.

5.2 CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

En algunas zonas rurales, la provisión de agua puede provenir de acuíferos subterráneos, a través de sistemas de bombeo y transporte que garanticen el cumplimiento de las especificaciones de caudal y presión [42].

Para el bombeo de agua subterránea se puede aplicar una serie de opciones tecnológicas, potenciadas por energía eléctrica, energía mecánica, o, por energía proveniente de fuentes no convencionales (renovables). Las opciones que emplean energía de fuentes no convencionales, tienen doble impacto: no sólo proveen de agua, sino que también acumulan la energía renovable en forma de agua, reduciendo la presión ambiental en storage basado en baterías.

5.2.1 Módulos de bombeo eólico

Un módulo típico de bombeo eólico (ver Fig. 5.8), se basa en un molinete accionado por la fuerza del viento, que transfiere la energía captada a una bomba.

El bombeo eólico se utiliza tradicionalmente en climas fríos o en zonas altas, para potenciar sistemas de riego y abastecer de agua a las viviendas. Los módulos de bombeo eólico tienen una vida útil entre 10 y 15 años, operan eficientemente con vientos de al menos 3 m/s, y, pueden extraer agua desde profundidades máximas de 9 m [43].

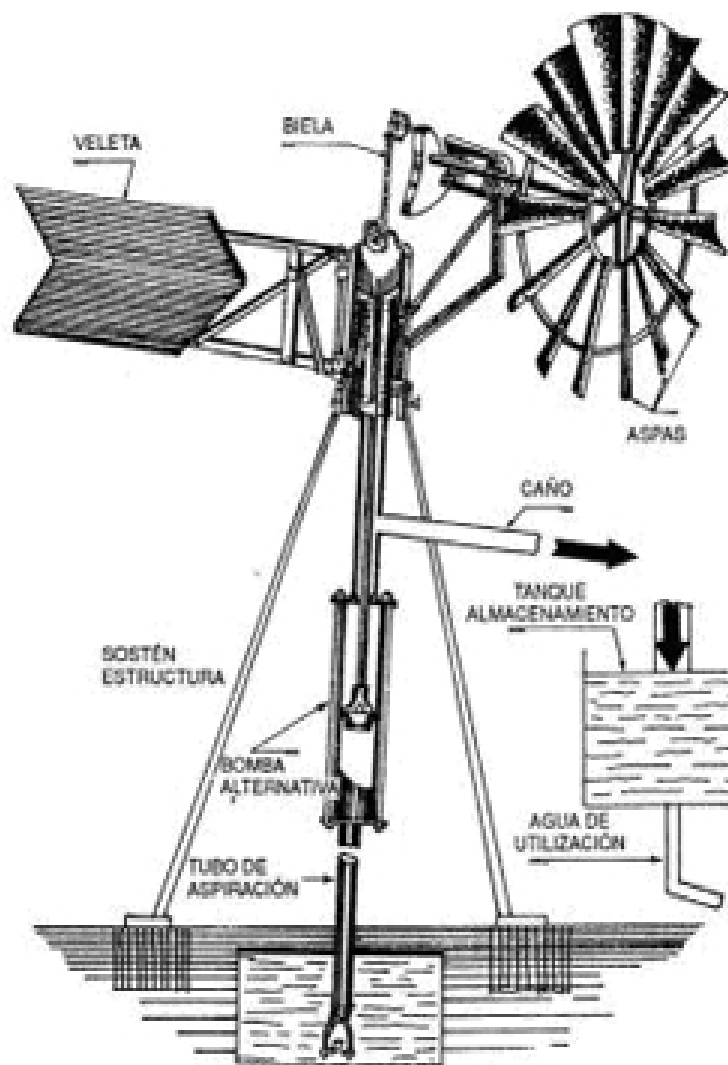


Fig. 5.8. Módulo típico de bombeo eólico [Disponible en: <http://www.emagister.com/curso-agua-energia-sinergia-3/sinergia-hidroenergetica-bombeo-agua-1-3>]

5.2.2 Módulos de bombeo mecánico manual

Estos módulos de bombeo son eficaces, sencillos, y, pueden obtener la energía mecánica que requieren del esfuerzo humano o a través de adaptaciones de otros sistemas. En zonas rurales, estos módulos se pueden potenciar del harvesting de energía humana disipada en actividades diarias o en juegos infantiles.

La bomba de pedales aprovecha la capacidad humana de generar propulsión (ver Fig. 5.9). Aunque el rendimiento del sistema y el volumen de agua extraída, dependen de la capacidad de pedaleo y del peso de la persona que acciona la bomba, en promedio se puede extraer hasta 1.5 litros por segundo de agua de un pozo, elevándola a una altura entre 8 y 10 m [44].



Fig. 5.9. Bomba de pedales [Disponible en: http://www.aq.upm.es/habitabilidadbasica/docs/recursos/articulos/manuales/2_1_1_abastecimiento_de_agua_captacion.pdf]

La **bomba manual de pistón** es ampliamente utilizada en zonas rurales, por ser económicas y de fácil mantenimiento. La vida útil de esta bomba es de 15 años. En promedio, la capacidad de succión de esta bomba, provee hasta 0,6 litros de agua por golpe, desde una profundidad media de 40 m (ver Fig. 5.10) [45].



Fig. 5.10. Bomba manual de pistón [Disponible en: <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-bombas.htm>]

La **bomba manual de mecate** se utiliza, por lo general, en pozos comunales o de uso individual familiar. Se utiliza para riego y suministro de agua para animales. En función de la potencia que se imprima al sistema, se puede bombear hasta 40 litros de agua cada minuto en un pozo no mayor de 30 metros de profundidad (Ver Fig. 5.11), [46].



Fig. 5.11. Bomba manual de mecate [Disponible en: <http://indarki.blogia.com/2005/112201-bomba-de-mecate.php>]

5.2.3 Módulo de bombeo solar fotovoltaico

En estos módulos de bombeo, la energía requerida proviene de un sistema PV (ver Fig. 5.12). Generalmente, estos módulos son fiables, y, se adaptan a distintas necesidades de caudal, número de horas de radiación solar, y, altura de bombeo. La vida útil de los módulos esta entre 20 y 25 años [47].



Fig. 5.12. Sistema de bombeo solar [Disponible en: <http://www.grupovicom.com/vicomsolar/productos3.html>]

5.3 REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

En el ámbito de este proyecto, se entiende como aguas residuales, a las aguas generadas por el metabolismo humano y las actividades domésticas. Las aguas residuales pueden ser de dos tipos: grises y negras.

5.3.1 Reutilización de aguas grises

Se denomina agua gris al agua residual doméstica de origen no fecal, proveniente de duchas, lavabos, cocinas, lavadoras, lavavajillas, etc., excluyendo el agua procedente de la descarga de sanitarios y urinarios [48].

En promedio, las aguas grises de una vivienda representan entre el 40 y el 50% del total del agua vertida a la red de saneamiento [49].

A pesar de que las aguas grises son relativamente limpias, su reutilización es compleja debido a que al ser recolectadas se forma en ellas una masa que se hunde o flota en dependencia del contenido de gases y de la densidad, lo que hace que tomen mal olor, razón por la cual su procesamiento debe ser inmediato.

El objetivo del tratamiento de las aguas grises es reducir el contenido en materia orgánica, y, eliminar patógenos y parásitos.

Las aguas grises previamente filtradas, pueden ser tratadas con procesos físicos como: desarenado, sedimentación, flotación, evaporación, desinfección, y, absorción.

Al utilizar procesos químicos, la eliminación de contaminantes se produce por la adición de productos químicos que desencadenan reacciones como floculación y coagulación, neutralización, oxidación, reducción, intercambio iónico, y, desinfección.

Existen experiencias en el uso de procesos biológicos, por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los que la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

Las aguas grises tratadas pueden ser utilizadas en el lavado de ropa, llenado de cisternas del inodoro, limpieza doméstica, riego del jardín, etc.

En el mercado existen diferentes ofertas tecnológicas para reutilización de aguas grises. La empresa DEHOUST oferta depuradores tipo GEP (ver Fig. 5.13), con filtros de biomembranas, cuyo poro es 2500 veces más fino que el diámetro de un cabello humano, convirtiéndose en una barrera física insuperable para partículas, bacterias, y virus [50].



Fig. 5.13. Depurador de aguas grises [Disponible en: <http://www.dehoust.com/>]

5.3.2 Reutilización de aguas negras

Se denomina agua negra, al agua contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos y animales. El agua negra contiene altos porcentajes de materia orgánica, que es difícil de descomponer y que puede contaminar y causar enfermedades [48].

Las aguas negras pueden ser tratadas a través de compostaje o digestores anaeróbicos.

Una tecnología experimental apunta a aprovechar las aguas negras provenientes de viviendas, en la generación de electricidad a partir de biogás. La empresa Quasar Energy, provee biodigestores de este tipo, que generan hasta 1KW de energía eléctrica [51].

CONCLUSIONES

- Las viviendas sustentables son el resultado de una concepción especial del diseño arquitectónico, que busca aprovechar los recursos naturales, ofreciendo ambientes adecuados para las actividades diarias.
- A partir del conocimiento del entorno y del clima, las viviendas sustentables buscan satisfacer por si solas, o en su mayor parte, la energía requerida para la operación de sistemas y equipos.
- En la construcción de viviendas rurales sustentables, un lugar destacado ocupa la selección de los materiales desde la perspectiva de la inercia térmica, resistencia a agentes externos, durabilidad, y, resistencia mecánica.
- Diseñar y ubicar la vivienda con una buena orientación respecto al Sol, ayuda a regular la temperatura en el interior de la vivienda, y, mejora las posibilidades de aprovechamiento de la energía solar para iluminación, calefacción, y, otras.
- Las cubiertas no sólo protegen a las viviendas de los efectos mecánicos y de la humedad de las lluvias, sino que también se han convertido en potenciales áreas para el harvesting de energía solar, y, para la recolección de aguas lluvias para sistemas de reciclado.
- Las iniciativas de reciclado de aguas incluyen el aprovechamiento de aguas empleadas en la vivienda, y, de aguas lluvias.
- Las viviendas rurales tipo de la provincia de Loja, han sido definidas en función del piso climático en el que se encuentran ubicadas, y, considerando aspectos culturales y socioeconómicos.
- La evaluación de los requerimientos de energía de las viviendas rurales tipo, se realizaron tomando como referencia las construcciones típicas de la zona rural del cantón Catamayo y de la parroquia rural de Malacatos del cantón Loja.

- Se clasifico a los requerimientos de energía en cuatro grupos básicos (iluminación, entretenimiento / información, refrigeración / calefacción, fuerza, y, bombeo de agua), de acuerdo a las necesidades propias de cada escenario, para la simplificación del diseño de los sistemas autónomos.
- Una vez identificados los grupos de demanda de energía, en las viviendas rurales tipo de la provincia de Loja, se planteó estudiar propuestas para mejorar u optimizar la situación actual, a fin de reducir la energía requerida a generar desde el sistema autónomo.
- Identificados los requerimientos, y, proyectada la demanda de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido seco a proporcionar desde el sistema autónomo para cada uno de los grupos, la demanda total de energía se estimó en 4597,75 W/día.
- Identificados los requerimientos, y, proyectada la demanda de energía en la vivienda rural tipo de clima subtropical a proporcionar desde el sistema autónomo para cada uno de los grupos, la demanda total de energía se estimó en 6513,25 W/día
- La diversidad de microclimas en la provincia de Loja, explica la potencialidad de utilización de energías no convencionales como la energía solar, la eólica, la biomasa, y, la humana.
- La energía solar representa un gran potencial de aprovechamiento en la zona rural de la provincia de Loja, debido a la intensa radiación solar.
- El aprovechamiento fotovoltaico permitiría la implementación de sistemas de generación energía eléctrica.
- El aprovechamiento térmico de la energía solar, podría proveer de agua caliente sanitaria (ACS), servicios de calefacción, u, opciones de harvesting de energía.

- La energía eólica tiene un potencial interesante que deberá ser validado a través de campañas de monitoreo que permitan obtener datos reales.
- El aprovechamiento del recurso eólico, permitiría implementar sistemas de generación de energía eléctrica (en régimen autónomo o conectado a la red), sistemas de bombeo de agua, entre otros.
- La biomasa es una fuente de energía renovable, fácilmente aprovechable en las zonas rurales, que puede ser aprovechada de distintas formas, en función del potencial energético, homogeneidad, y, del volumen de disponibilidad.
- El harvesting de energía humana proporcionaría recursos suficientes para potenciar procesos de bajo requerimiento de energía en las viviendas rurales, como el bombeo de agua o la generación de energía eléctrica.
- Una opción viable, técnica, y, económica para mejorar los índices de penetración del servicio de abastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales, son los sistemas fotovoltaicos (PV) autónomos.
- El diseño de sistemas PV autónomos, tiene como objetivo lograr la mayor fiabilidad y el menor coste posible, jugando con variables como tamaño del generador fotovoltaico, y, tamaño del acumulador, empleando diferentes metodologías y software utilitario.
- El proceso de diseño de sistemas PV, incluye el análisis del perfil de consumo, de la radiación solar disponible en zona, de las características eléctricas de las cargas, y, de las características técnicas de cada uno de los componentes elegidos.
- En zonas rurales de la provincia de Loja, se podría optar por sistemas fotovoltaicos autónomos, para cubrir una demanda proyectada de 2KW por día.

- La herramienta PVSYST, no contiene información relacionada a la provincia de Loja, por lo que decidió obtener data de los niveles de radiación solar a través de la plataforma online NASA Surface Metereology and Solar Energy.
- Debido a la cercanía de la provincia de Loja a la línea ecuatorial, la inclinación del panel respecto a la horizontal para aprovechar al máximo la luz solar directa, durante todo el año, no es gravitante. Sin embargo, por temas de mantenimiento, los paneles solares pueden colocarse ligeramente inclinados para permitir que la lluvia limpie el polvo, con lo que se recomienda una inclinación de 15°.
- En el marco de este proyecto, se decidió probar con una autonomía proyectada para el sistema de 4 días, en un sistema potenciado a 24V.
- PVSYST permitió explorar algunos esquemas de conexión de los equipos, obteniendo como óptimo un requerimiento de 4 módulos PV, conectados en forma de 2 series paralelas, de 2 módulos cada una, para un total de 520Wp. El storage de energía se realiza en un arreglo de 8 baterías, conectadas en forma de 4 series paralelas, de 2 baterías cada una.
- La selección de los equipos se basó en la disponibilidad en el mercado local. Se preseleccionó un panel PV tipo Zytech 130p, una batería MILLENIUM de 105Ah, un regulador ProStar PS-30, y un inversor Sunny Boy 2000HF-US.
- La estructura de soporte de los paneles PV puede ser construida de diversos materiales (aluminio, acero inoxidable, hierro galvanizado, madera tratada, etc.), y, debe ser estable, rígida, y, durable, que soporte la fuerza del viento, lluvias, y, otras condiciones adversas.
- El bajo voltaje de operación de los sistemas PV autónomos utilizados en viviendas, no representa peligro alguno. El máximo riesgo proviene de la batería, debido a los altos valores de corrientes de cortocircuito.
- En las instalaciones fotovoltaicas, como norma general, la estructura metálica soporte de los paneles, se recomienda conectada a tierra, lo que en

instalaciones pequeñas no suele suceder, las recomendaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, especifica que la toma de tierra tendrá una resistencia inferior a 10 Ohmios.

- Se deberá construir una pequeña caseta para alojar los equipos del sistema PV. Las normas prevén la ausencia de ventanas para evitar los rayos UV y el polvo, y, la presencia de una puerta con cerradura para evitar riesgos innecesarios en personal no autorizado.
- Cada componente del sistema PV tiene una vida útil diferente, determinada por el diseño, los materiales de fabricación, la operación, y, el mantenimiento, por lo que se recomienda diferentes formas de disposición final de los componentes, para una posterior revisión y reutilización certificada.
- El presupuesto referencial para la implementación del sistema PV autónomo, considera rubros como planificación del proyecto, mano de obra, y, materiales y equipos, con un valor USD 8888.52.
- La provisión de agua es uno de los problemas a resolver en las zonas rurales. En este trabajo se aportó ideas para implementar un nuevo modelo de gestión del agua, que no sólo optimice el consumo del agua proveniente de las redes públicas, sino que “coseche” las aguas provenientes de lluvias, “capture” las aguas subterráneas, y, reutilice (en lo posible) aguas residuales.
- La cosecha de aguas lluvias es un opción viable para las zonas rurales, tanto desde una perspectiva ambiental como económica, y, puede ser empleada para consumo humano (con tratamientos adicionales) o para otros usos.
- El tratamiento del agua lluvia cosechada, depende del uso final. Para consumo humano, previa la ingesta, se requiere la remoción de partículas, y, al acondicionamiento bacteriológico.

- El diseño de un sistema de cosecha de aguas lluvias, parte del conocimiento del volumen de agua potencialmente cosechable, del volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades, y, de la capacidad del almacenamiento.
- Para el bombeo de agua subterránea se puede aplicar una serie de opciones tecnológicas, potenciadas por energía eléctrica, energía mecánica, o, por energía proveniente de fuentes no convencionales (renovables). Las opciones que emplean energía de fuentes no convencionales, tienen doble impacto: no sólo proveen de agua, sino que también acumulan la energía renovable en forma de agua, reduciendo la presión ambiental en storage basado en baterías.
- En promedio, las aguas grises de una vivienda representan entre el 40 y el 50% del total del agua vertida a la red de saneamiento. El objetivo del tratamiento de las aguas grises es reducir el contenido en materia orgánica, y, eliminar patógenos y parásitos. Las aguas grises previamente filtradas, pueden ser tratadas con procesos físicos y químicos.

TRABAJOS FUTUROS

- Impulsar la realización de un proyecto de diseño e implementación de una vivienda rural tipo, bajo parámetros de sustentabilidad energética y de manejo óptimo del recurso agua, que permita la evaluación del desempeño de las opciones tecnológicas identificadas en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] En línea: Cuauhtémoc García Ledesma Arq., La Arquitectura Sustentable. Consultada: 15/07/2012, tomada de: <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2010/03/30/la-arquitectura-sustentable/>
- [2] En línea: Republica de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Los materiales en la construcción de vivienda de interés social. Consultada: 15/07/2012, tomada de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/guias_vivienda_dt/110811_guia_asis_tec_vis_2.pdf
- [3] En línea: ARQHYS: Orientación eficiente. Consultada: 15/07/2012, tomada de: <http://www.arqhys.com/>
- [4] En línea: Organización Panamericana de la Salud: Hacia una Vivienda Saludable. Consultada: 15/07/2012, tomada de: http://www3.ula.ve/medicina/raiz/ore/servicios_comunitarios/material/vivienda_saludable/archivos/Manual%20Vivienda%20Saludable%20Venezuela.pdf
- [5] En línea: Comité Español de Iluminación: Guía Técnica, Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Consultada: 15/07/2012, tomada de: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_ff12ae5a.pdf
- [6] En línea: Ventilación de la Casa Ecológica. Consultada: 15/07/2012, tomada de: <http://ventilacioncasa.blogspot.com/2008/11/ventilacin-de-la-casa-ecolgica.html>
- [7] En línea: Manual para el diseño de desarrollos habitacionales sustentables, Consultada: 16/07/2012, tomada de: http://www.cocef.org/eng/VLibrary/Publications/BECC_Publications/Tomo1_Des_Hab_Sut.pdf

- [8] En línea: Balner: agua caliente sanitaria. Consultada: 17/07/2012, tomada de: http://www.balner.com/energias/termica/acs/sec_acs.htm
- [9] En línea: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Consultada: 17/07/2012, tomada de: http://www.acee.cl/576/articulos-61341_doc_pdf.pdf
- [10] En línea: Sistemas de Aguas de la Ciudad de México: Programa de manejo sustentable del Agua para la ciudad de México, Consultada: 18/07/2012, tomada de: http://www.sma.df.gob.mx/dgpcp/pdf/ProgAgua_Cd.pdf
- [11] En línea: Quásar Energy, Consultada: 18/07/2012, tomada de: <http://www.schmackbioenergy.com/pages/home.html>
- [12] En línea: Instituto Nacional de ecología: Recolección, reciclado y reusó de agua, Consultada: 18/07/2012, tomada de: <http://vivienda.ine.gob.mx/index.php/agua/recoleccion-reciclado-y-reuso-de-agua>
- [13] En línea: INEC: Redatam, Consultada:20/04/2012, tomada de: <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>
- [14] En línea: Ficha Técnica Bombeo de agua con sistemas fotovoltaicos, Consultada: 13/04/2012, tomada de: <http://www.solucionespracticas.org.pe/fichastecnicas/pdf/FichaTecnica4-Bombeo%20de%20agua.pdf>
- [15] En línea: Libro del Instituto Tecnológico de Canarias: Energías renovables y eficiencia energética. Consultada: 28/10/2012, tomada de: <http://es.scribd.com/doc/46863411/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica>
- [16] En línea: Consejo Nacional de Electricidad, Atlas Solar del Ecuador CONELEC. Consultada: 28/10/2012, tomada de: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1792>

- [17] En línea: IES Energía Solar: Energías renovables. Consultada: 28/10/2012, tomada de: http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf
- [18] En línea: Víctor Santiago Russo, El proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER). Consultada: 29/10/2012, tomada de: http://www.petrotecnica.com.ar/petro_08/Permer_SP.pdf
- [19] En línea: Energía Solar: Clean energy solar. Consultada: 29/10/2012, tomada de: <http://www.cleanenergysolar.com/wp-content/uploads/2011/06/cleanenergysolar.com-TUTORIAL-Solar-Fotovoltaica-El-efecto-fotovoltaico-INTRODUCCI%C3%93N.pdf>
- [20] En línea: Ing. Juan Pablo Alcocer Luizaga. Docente Universidad del Valle – Cochabamba: La energía solar y su importancia. Consultada: 30/10/2012, tomada de: <http://www.univalle.edu/publicaciones/journal/journal22/pagina03.pdf>
- [21] En línea: Economía de la Energía: Energía Eólica. Consultada: 30/10/2012, tomada de: <http://www.economiadelaenergia.com/energia-eolica/>
- [22] En línea: Sistema de Agua Caliente Sanitaria. Consultada: 30/10/2012, tomada de: http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/3_leg.pdf
- [23] En línea: ¿Qué es la Biomasa? Consultada: 30/10/2012, tomada de: <http://www.need.org/needpdf/spanish/What%20is%20Biomass%20Span%2005.pdf>
- [24] En línea: Ing. Jorge Luis Jaramillo, Generalidades de los sistemas de generación de Energía Eléctrica a partir de Energía Humana. UTPL. Consultada: 31/10/2012, tomada de: <http://www.utpl.edu.ec/blogjorgeluisjaramillo/?cat=678>

- [25] En línea: Tema2: Diseño de sistemas fotovoltaicos autónomos. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/disenio-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view
- [26] En línea: NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=3.99&lon=79.20&submit=Submit>
- [27] En línea: NEC-10, Norma Ecuatoriana de Construcción: Sistemas de generación con energía solar fotovoltaica para sistemas aislados y conexión a red de hasta 100 kW en el Ecuador. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.cicp-ec.com/pdf/3.%20ENERGIA%20RENOVABLE-2.pdf>
- [28] En línea: Zytech ZT130P: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://www.renova-energia.com/productos_paneles_solares/zytech_zt130p.html
- [29] En línea: Batería MILLENIUM: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.proviento.com.ec/>
- [30] En línea: Regulador de carga: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.proviento.com.ec/>
- [31] En línea: Inversor: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://files.sma.de/dl/9524/SUNNYBOYHFUS-DUS120425.pdf>
- [32] En línea: Puesta a tierra. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/disenio-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view
- [33] En línea: Sistemas fotovoltaicos: puesta a tierra. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/disenio-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view

- [34] En línea: Herramienta de software PVSYST. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.pvsyst.com/en/software>
- [35] En línea: Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles: Taller sobre indicadores de huella y calidad ambiental urbana, Consultada: 20/10/2012, tomada de: <http://www.forumambiental.org/pdf/huella.pdf>
- [36] En línea: Componentes del sistema de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, Consultada: 21/10/2012, tomada de: <http://www.pnuma.org/reclnat/esp/documentos/cap3.pdf>
- [37] En línea: Recuperación de agua de lluvia, Consultada: 21/10/2012, tomada de: <http://www.grafiberica.com/>
- [38] En línea: Unidad de Apoyo técnico en Saneamiento Básico Rural: Guía de diseño para captación del agua de lluvia, Consultada: 22/10/2012, tomada de: <http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>
- [39] En línea: Comisión de Desarrollo Sustentable: Manual técnico para la vivienda sustentable Consultada: 23/10/2012, tomada de: http://www.barriosustentablecoronel.cl/PDF/MANUAL_DE_VIVIENDA_SUSTENTABLE.pdf
- [40] En línea: INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.inamhi.gob.ec/>
- [41] En línea: Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.pnuma.org/reclnat/esp/documentos/cap4.pdf>
- [42] En línea: Eduardo blanco Marigorta, Sandra Velarde Suarez, Joaquín Fernández Francos, Universidad de Oviedo: Sistemas de Bombeo Consultada: 23/10/2012, tomada de:

http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/_publicaciones/pdfs_libros/PDF_SistemasdeBombeo2.pdf

- [43] En línea: Federico Guido, Capítulo 18: Sinergia hidroenergética. Bombeo de agua. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.emagister.com/curso-agua-energia-sinergia-3/sinergia-hidroenergetica-bombeo-agua-1-3>
- [44] En línea: Urbanización, Infraestructura captación (Bombas y molinos), Consultada: 23/10/2012, tomada de: http://www.aq.upm.es/habitabilidadbasica/docs/recursos/articulos/manuales/2_1_1_abastecimiento_de_agua_captacion.pdf
- [45] En línea: Organización panamericana de la salud: Bombas, Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-bombas.htm>
- [46] En línea: Mayapedal: bici maquinas, Consultada: 22/10/2012, tomada de: http://www.mayapedal.org/esp_machines.html
- [47] En línea: Energía sustentable, Consultada: 22/10/2012, tomada de: <http://www.grupovicom.com/vicomsolar/productos3.html>
- [48] En línea: B. Jefferson, A. Laine, S. Parsons, T. Stephenson, S. Judd: Technologies for domestic wastewater recycling. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.chs.ubc.ca/archives/files/pdf/Technologies%20for%20domestic%20wastewater%20recycling.pdf>
- [49] En línea: Cruz Astorqui Jaime Santa, Universidad Politécnica de Madrid: Viabilidad del aprovechamiento de las aguas residuales generadas en los edificios. Consultada: 23/10/2012, tomada de: http://www.euatm.upm.es/santacruz/Documentos/informeAGUAS_RESIDUALES.pdf

- [50] En línea: DEHOUST: sistema de reutilización de aguas grises. Consultada: 24/10/2012, tomada de: <http://www.dehoust.de/index.asp?art=gebietcontent&id=45&blue=1&img=>
- [51] En línea: Quasar Energy Group. Consultada: 24/10/2012, tomada de: <http://www.schmackbioenergy.com/pages/home.html>

ANEXOS

ANEXO 1
PRESUPUESTO DEL SISTEMA
FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

PRESUPUESTO GENERAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

El presupuesto general para la implementación de un sistema fotovoltaico de 2 kW, para una vivienda rural sustentable para la provincia de Loja.

MATERIALES					
	Productos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Costo Total (USD)
S1	Paneles fotovoltaicos, Zytech 130Wp	u	4	395	1580
	Estructura porta paneles de perfil de hierro galvanizado para 7 paneles	u	1	150	150
	Transporte de los paneles fotovoltaicos	u	4	5	20
	Cable conexión entre paneles 1x10 AWG	m	3	0,45	1,35
S2	Baterías MILLENIUM, selladas libre de mantenimiento 12V, 115Ah	u	8	244	1952
	Regulador de carga, Morningstar ProStar	u	1	290	290
	Inversor, SMA Sunny Boy	u	1	1900	1900
	Transporte de los baterías	u	8	5	40
	Cable conexión panel-regulador de carga bipolar 2x8 AWG	m	4	0,45	1,8
	Cable conexión entre inversor y baterías 1x8 AWG	m	2	0,45	0,9
	Cable conexión entre batería y regulador 2x8 AWG	m	2	0,45	0,9
	Cable conexión entre regulador y breaker de carga 2x12 AWG	m	1	0,45	0,45
	Cable conexión entre inversor y breaker de carga 2x10 AWG	m	1	0,45	0,45
	Breaker 10 A DC	u	1	13	13
	Breaker 20 A DC	u	1	18	18
	Breaker 40 A DC	u	1	22	22

S3	Caja metálica para conexión de regulador y protecciones	u	1	40	40
	Varilla de cobre para puesta a tierra, 5/8"	u	1	14	14
	Cable sólido verde para tierra 1x10 AWG	m	5	0,45	2,25
S4	Misceláneos (grapás, borneras, fusibles, cinta aislante, terminales de cable y todo aquellos que los equipos ofertados requieran según especificaciones técnicas de los mismos.)	u	1	200	200
SUBTOTAL					6247,1
MANO DE OBRA					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Costo Total (USD)
S1	Colocación, e instalación de paneles fotovoltaicos	u	4	25	100
	Colocación de la estructura de soporte	u	1	75	75
S2	Instalación del arreglo de baterías	u	8	20	160
	Instalación del regulador	u	1	20	20
	Instalación del inversor	u	1	25	25
S3	Instalación puesta a tierra	u	1	30	30
	Construcción de caseta para equipos	u	1	750	750
SUBTOTAL					1160,0
TOTAL DE PRESUPUESTO (Materiales + Mano de Obra)					7407,1
DIRECCION TECNICA Y ADMINISTRACION (15%)					1111,065
IMPREVISTOS (5%)					370,355
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL (USD)					8888,52

ANEXO 2
PAPER RESUMEN DEL PROYECTO

Sistemas autónomos de provisión de energía y nuevos modelos de gestión del agua en viviendas rurales sustentables de la provincia de Loja

Diego A. Pilco P.^{#1}, Jorge L. Jaramillo P.^{#2}

^{#1}Profesional en formación, Universidad Técnica Particular de Loja

^{#2}Docente de EET, Universidad Técnica Particular de Loja

Loja, Ecuador

¹dapilco@utpl.edu.ec, ²jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen—La implementación de sistemas de provisión de energía, adecuados a los requerimientos de las zonas rurales, y, potenciados (en lo posible) a través del aprovechamiento de las fuentes existentes en el medio, podría aportar a un cambio significativo en la forma de vivir de los habitantes. En este contexto, especial interés merecen la implementación de sistemas activos para la generación de energía, y, la introducción de nuevos modelos de gestión del agua. Las diferentes opciones tecnológicas existentes para cubrir con las expectativas planteadas, son objeto de este trabajo.

Índice de términos— energía, energía renovable, viviendas rurales sustentables.

I. INTRODUCCIÓN

Una orografía compleja, y, un aislamiento intencional gestado por intereses políticos, condujeron a un escaso desarrollo económico de las zonas rurales de la frontera sur del país.

Hoy en día, superados los problemas limítrofes, la provisión de agua y el abastecimiento de energía limpia, son dos de los problemas a resolver en las zonas rurales de la provincia de Loja.

El estudio de las opciones tecnológicas para la implementación de sistemas autónomos de abastecimiento de energía, que aprovechen las energías renovables disponibles en la zona, y, la adopción de nuevos modelos de gestión del agua en las viviendas rurales, es el objetivo fundamental de este trabajo.

II. VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES

A. Generalidades

Este proyecto se inició con la revisión bibliográfica de las mejores prácticas de construcción de viviendas rurales, privilegiando aquellas en las que se incluían sistemas activos de aprovechamiento de energías renovables, y, técnicas pasivas para disminuir el gasto energético en las viviendas [1].

El análisis de la información existente, demostró la importancia de una adecuada selección de materiales constructivos, desde una perspectiva de inercia térmica; de una orientación adecuada del emplazamiento de la vivienda con respecto al sol; del control solar para aprovechar o contrarrestar los efectos térmicos de la radiación solar; del aislamiento térmico para limitar la transferencia de calor, del exterior al interior de la vivienda; y, de las cubiertas de la vivienda [2], [3].

Las mejores prácticas del sector, recalcan el aporte a la sustentabilidad que se puede lograr a través de la distribución adecuada del uso de espacios [4], de una iluminación eficiente (balance correcto entre iluminación natural y artificial) [5], de una ventilación eficiente [6],[7]; de una calefacción eficiente [8], [9]; y, del reciclado de aguas en las viviendas rurales [10], [11], [12].

B. Viviendas rurales tipo para la provincia de Loja, e, identificación y cuantificación de los requerimientos de energía

La peculiar orografía de la provincia de Loja, ha determinado la existencia de una serie de microclimas dispersos. A pesar de esto, se pueden identificar al menos tres sectores con características más o menos comunes: un sector frío, un sector subtropical, y, un sector cálido seco. Esta condición, unida a las características socioeconómicas de los habitantes rurales, llevó a definir 3 viviendas rurales tipo. Considerando las potencialidades de réplica de los sistemas autónomos de energía y de gestión de agua a proponer, se optó por prestar especial interés a los sectores subtropical y cálido seco [13], [14].

Los requerimientos de energía en las viviendas rurales tipo, se agruparon en cuatro grupos básicos de consumo: iluminación, entretenimiento / información, refrigeración / calefacción, y, fuerza. A estos grupos se podría añadir otros, de acuerdo a las necesidades propias de cada sector.

Para establecer los requerimientos de energía en una vivienda tipo de clima cálido seco, se tomó como referencia las construcciones rurales del cantón Catamayo. Según el censo INEC 2010 [13], el 8.44% del total de las viviendas rurales del cantón Catamayo, no cuentan con servicio de energía eléctrica, y, sólo el 54.98% de las viviendas posee agua de una red pública. Considerando las características del sector, a los grupos básicos de consumo, se añadió la demanda de energía para bombeo de agua. En este escenario, la energía a proporcionar a la vivienda desde un sistema autónomo, se calculó en 4597,75 W/día (ver Tabla 1).

Tabla 1
Demanda total de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido seco.

Grupo	Energía requerida (W/día)
Iluminación	218,75
Entretenimiento / información	179,00
Refrigeración / Calefacción	2400,00
Fuerza	750,00

Bombeo de agua	1050,00
Total (W.día)	4597,75

Para estimar los requerimientos de energía de una vivienda rural tipo de clima subtropical, se tomó como referencia a las edificaciones tradicionales de la parroquia rural de Malacatos, perteneciente al cantón Loja. Estas viviendas, poseen servicio de energía eléctrica, y, de agua entubada. Considerando las características del sector, a los grupos básicos de consumo, se añadió la demanda de energía para bombeo de agua. En este escenario, la energía a proporcionar a la vivienda desde un sistema autónomo, se calculó en 6513,25 W/día (ver Tabla 2).

Tabla 2
Demanda total de energía en la vivienda rural tipo de clima subtropical.

Grupo	Energía requerida (W/día)
Iluminación	1121,25
Entretenimiento / información	192,00
Refrigeración / Calefacción	3200,00
Fuerza	0,00
Bombeo de agua	2000,00
Total (W.día)	6513,25

C. Arquitectura propuesta para el sistema autónomo de provisión de energía para las viviendas rurales tipo

Considerando las fuentes de energía disponibles en los sectores rurales de la provincia de Loja (cuya potencialidad se valora en el siguiente apartado), y, los requerimientos de energía para potenciar los procesos internos en las viviendas rurales tipo, se elaboró una arquitectura para el sistema autónomo de provisión de energía (ver Fig. 1). El sistema propuesto tiene una arquitectura híbrida, que combina el aprovechamiento de la energía de fuentes renovables y la potencial conexión a la red eléctrica pública, en los lugares en los que sea posible.

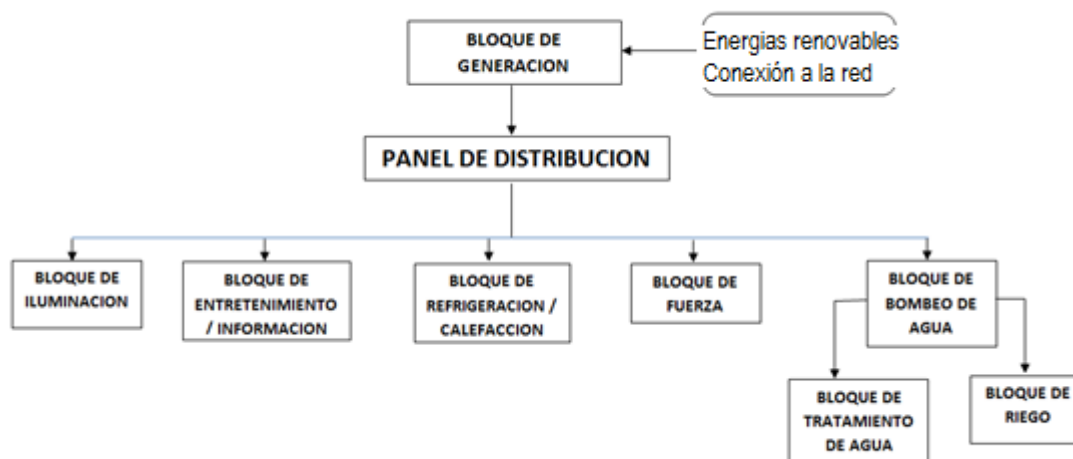


Fig. 1 .Diagrama de bloques de la arquitectura propuesta para el sistema autónomo de provisión de energía en la vivienda rural tipo

III. VALORACIÓN DEL POTENCIAL DE LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE EN LAS ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA DE LOJA

A. Generalidades

Considerando la diversidad de climas, y, las condiciones geográficas generales de la provincia de Loja, se identificó como energías no convencionales técnicamente aprovechables en la zona rural, a la energía solar, a la energía eólica, a la energía proveniente de la biomasa, y, a la proveniente del ser humano.

En la provincia de Loja existe un gran potencial de aprovechamiento de energía solar [15], [16], debido a la intensa radiación solar (ver Fig. 2). Este potencial puede ser aprovechado para sistemas fotovoltaicos y termosolares [17], [18], [19], [20], [21], [22].

La energía eólica aprovechable en la provincia de Loja, proviene de los cambios de presión y de temperatura en la atmósfera [15]. El potencial de aprovechamiento de este recurso, ha sido inventariado (en parte) por el Plan de Desarrollo Eólico de la provincia de Loja, impulsado por ENERSUR EP.

La biomasa es una fuente de energía renovable, fácilmente aprovechable en las zonas rurales [23], en distintas formas en función del potencial energético, de la homogeneidad, y, del volumen de disponibilidad.

El harvesting de energía humana proporciona recursos suficientes para potenciar procesos de bajo requerimiento de energía en las viviendas rurales [24].

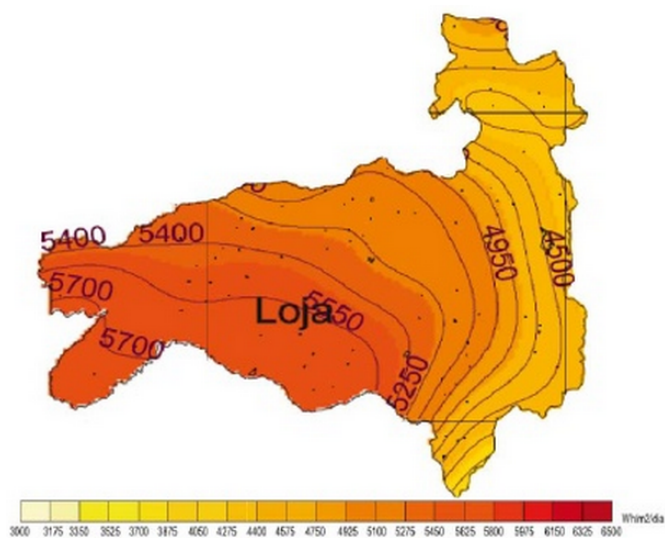


Fig. 2. Promedio anual de radiación solar en la provincia de Loja [Disponible en: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1792>]

B. Valoración del potencial solar en la provincia de Loja, para un caso tipo empleando PVSYST

Como parte del proyecto, se decidió evaluar las facilidades existentes para el diseño de sistemas PV autónomos ajustados a las condiciones de la provincia de Loja.

Para cumplir con el objetivo planteado, se utilizó la herramienta de software PVSYST, y, los niveles de radiación solar en Loja, disponibles a través de la plataforma online NASA Surface Meteorology and Solar Energy [25]. La combinación de estos recursos, permitió

diseñar un sistema PV adecuado a Loja, y, evaluar su desempeño sobre la base de simulación de performance.

El proceso de diseño de un sistema PV autónomo, incluye el análisis del perfil de consumo, de la radiación solar disponible en zona, de las características eléctricas de las cargas, y, de las características técnicas de cada uno de los componentes elegidos (ver Fig.3) [26].

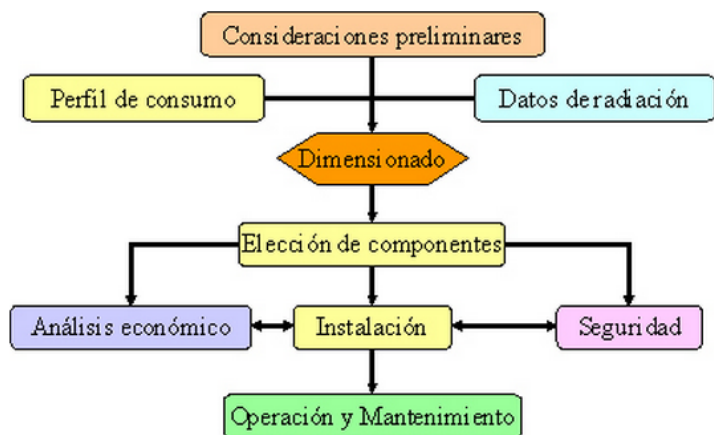


Fig. 3. Consideraciones generales para el diseño de sistemas fotovoltaicos. [Disponible en: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/disenio-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view]

Al definir el perfil de consumo, se planteó el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo que cubra una demanda proyectada de 2 KW por día.

La elección final de los componentes del sistema PV es crítica, ya que de ella depende la eficiencia final del sistema. En el marco de este trabajo, la selección de

componentes se realizó en función de la disponibilidad en el mercado local [27], [28], [29], [30].

En la fase de implantación del sistema PV autónomo se consideró la ubicación de los paneles PV, de los dispositivos de protección, de la puesta a tierra, y, de la caseta para equipos [31], [32], [33].

Las medidas para protección ambiental, y, para garantizar una correcta disposición final de los componentes, se planificaron de acuerdo a la norma ecuatoriana NEC-10 [27], [34].

Los recursos de PVSYST permitieron simular el desempeño del sistema PV diseñado. La Fig. 4, muestra el diagrama de pérdidas de energía esperadas en el sistema: pérdidas de radiación, pérdidas en el generador, y, pérdidas en el sistema de acumulación. La Fig. 5, describe la producción normalizada (mes a mes) de energía y los factores de pérdida de energía en el sistema. Se determinó la existencia de meses en los que los módulos PV generan más energía de la que se puede almacenar en las baterías, por lo que el regulador de carga simplemente la disipa. La Fig. 6, muestra la variación anual del factor de rendimiento PR (barras rojas) y de la fracción solar del sistema (relación entre la energía solar disponible y la carga del sistema fotovoltaico). Se espera un factor de rendimiento cercano a 1, mientras que la fracción solar oscila entre 0 (ninguna utilización de la energía solar) y 1.0 (toda la energía que se necesita se obtiene del sistema) [34].

La Tabla 3, muestra el balance general del sistema PV diseñado, mes a mes.

Diagrama de pérdida para "Nueva variante de simulación" - año

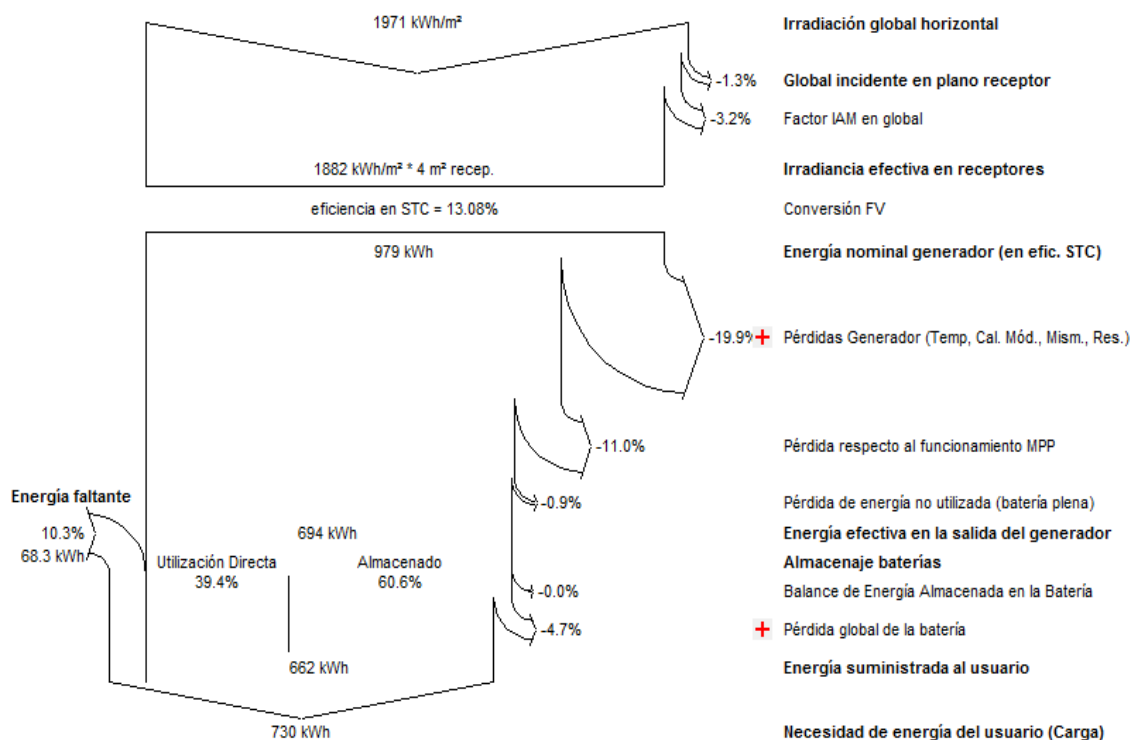


Fig. 4. Diagrama de pérdidas de energía, obtenido vía simulación de desempeño del sistema con ayuda de PVSYS

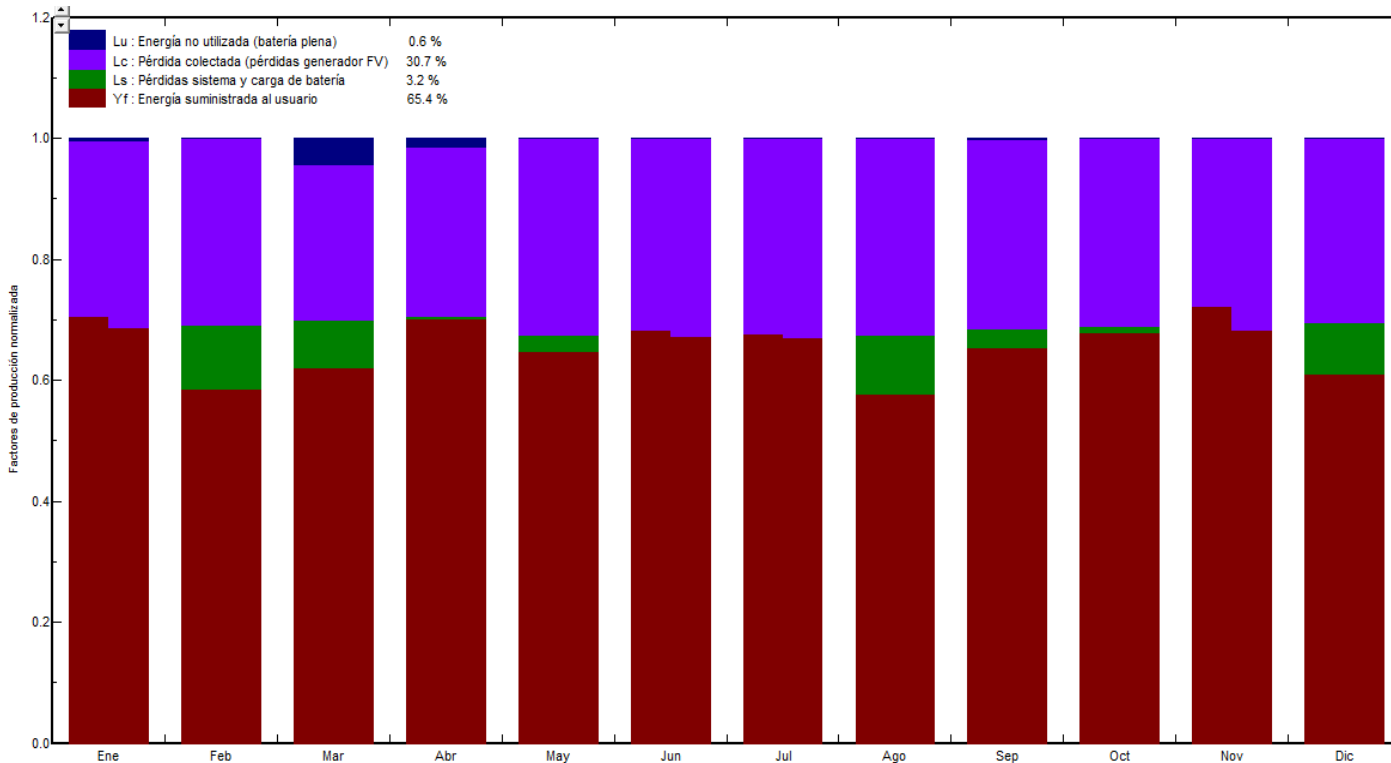


Fig. 5. Producción normalizada de energía y factores de pérdida en el sistema PV diseñado

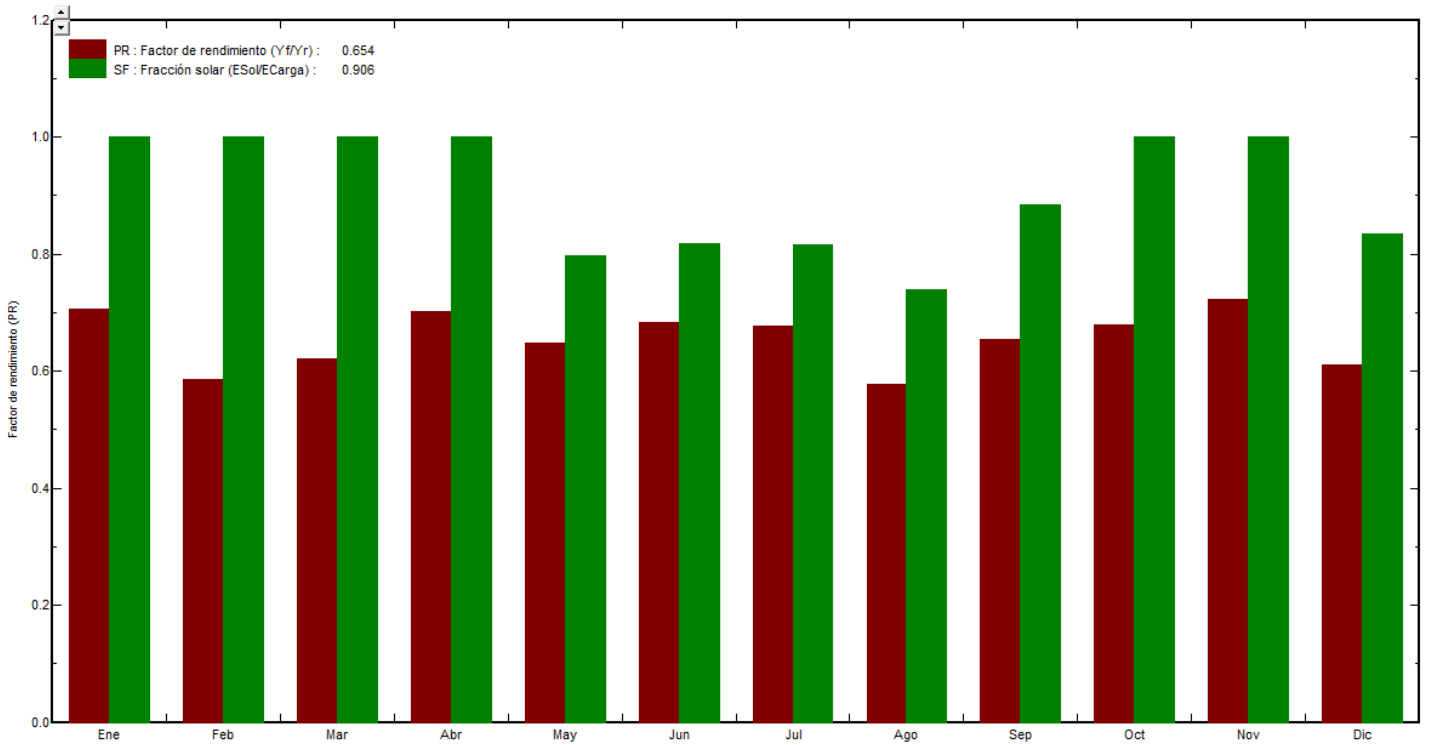


Fig. 6. Factor del rendimiento y fracción solar del sistema PV diseñado

Tabla 3
Balance energético del sistema PV

	Irradiación global horizontal KWh/m ²	Global efectivo, para IAM y sombreados KWh/m ²	Energía solar disponible KWh	Perdida de energía no utilizada (batería plena) KWh	Energía faltante KWh	Energía suministrada al usuario KWh	Necesidad de energía del usuario (carga) KWh	Fracción solar (EUtilizada/ECarga)
Enero	155.6	164.0	60.73	0.343	0.00	62.00	62.00	1.000
Febrero	174.9	178.8	66.03	0.000	0.00	56.00	56.00	1.000
Marzo	193.4	186.5	74.37	4.373	0.00	62.00	62.00	1.000
Abril	174.6	158.9	61.44	1.126	0.00	60.00	60.00	1.000
Mayo	161.2	141.0	51.48	0.043	12.62	49.38	62.00	0.796
Junio	155.1	132.5	48.28	0.014	10.96	49.04	60.00	0.817
Julio	160.3	138.0	50.12	0.036	11.37	50.63	62.00	0.817
Agosto	164.3	147.3	53.59	0.033	16.18	45.82	62.00	0.739
Septiembre	159.3	151.4	55.81	0.064	6.88	53.12	60.00	0.885
Octubre	171.1	170.8	63.03	0.005	0.00	62.00	62.00	1.000
Noviembre	150.6	155.0	56.79	0.000	0.00	60.00	60.00	1.000
Diciembre	150.3	157.8	58.80	0.023	10.30	51.70	62.00	0.834
Año	1970.7	1882.0	700.47	6.060	68.32	661.68	730.00	0.906

IV. IDEAS SOBRE UN NUEVO MODELO DE GESTIÓN DEL AGUA EN VIVIENDAS RURALES SUSTENTABLES

El abastecimiento de energía limpia y la provisión de agua, son problemas recurrentes en zonas rurales. Un aporte significativo a la solución de este reto, puede provenir de la implementación de un modelo de gestión del agua, que no sólo optimice el consumo del líquido proveniente de las redes públicas, sino que “coseche” las aguas provenientes de lluvias, “capture” las aguas subterráneas, y, “reutilice” (en lo posible) aguas residuales; todo esto potenciado por fuentes que aprovechen la energía renovable.

La cosecha de aguas lluvias es un opción viable para las zonas rurales, tanto desde una perspectiva ambiental como económica. El agua de lluvia cosechada, puede ser empleada para consumo humano (con tratamientos adicionales) o para otros usos [35]. Un sistema para cosecha de aguas lluvias consta de módulos de captación, recolección y conducción, interceptor de primeras aguas, almacenamiento, filtración, tratamiento del agua, y, bombeo y distribución [36], [37], [38], [39] (ver Fig. 7).

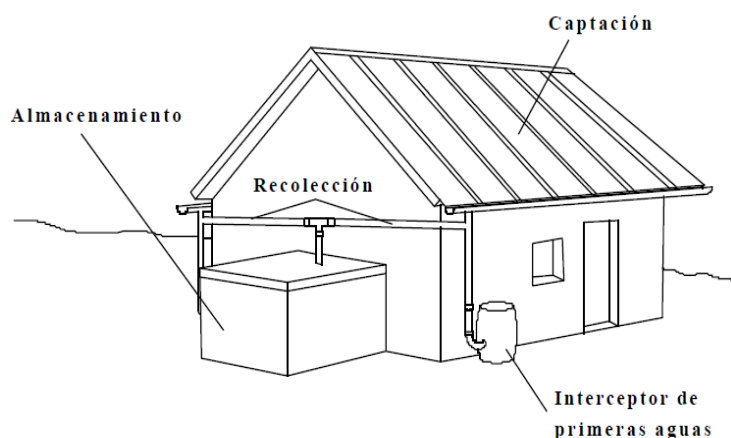


Fig. 7. Componentes del sistema de cosecha de agua de lluvia.

Disponible en: <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap3.pdf>

El diseño de un sistema de cosecha de aguas lluvias, parte del conocimiento del volumen de agua potencialmente cosechable, del volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades, y, de la capacidad del almacenamiento [40], [41].

En algunas zonas rurales, la provisión de agua puede provenir de acuíferos subterráneos, a través de sistemas de bombeo y transporte que garanticen el cumplimiento de las especificaciones de caudal y presión [42].

Para el bombeo de agua subterránea, se puede aplicar una serie de opciones tecnológicas, potenciadas por energía eléctrica, energía mecánica, o, por energía

proveniente de fuentes no convencionales (renovables) [43], [44], [45], [46], [47].

Las aguas residuales pueden ser de dos tipos: grises y negras [48]. A pesar de que las aguas grises son relativamente limpias, su reutilización es compleja debido a que al ser recolectadas se forma en ellas una masa que se hunde o flota en dependencia del contenido de gases y de la densidad, lo que hace que tomen mal olor, razón por la cual su procesamiento debe ser inmediato. Las aguas grises tratadas pueden ser utilizadas en el lavado de ropa, llenado de cisternas del inodoro, limpieza doméstica, riego del jardín, etc. [49], [50]. El agua negra contiene altos porcentajes de materia orgánica, que es difícil de descomponer y que puede contaminar y causar enfermedades [48]. Las aguas negras pueden ser tratadas a través de compostaje o digestores anaeróbicos [51].

V. CONCLUSIONES

- Las viviendas sustentables son el resultado de una concepción especial del diseño arquitectónico, que busca aprovechar los recursos naturales, ofreciendo ambientes adecuados para las actividades diarias.
- A partir del conocimiento del entorno y del clima, las viviendas sustentables buscan satisfacer por sí solas, o en su mayor parte, la energía requerida para la operación de sistemas y equipos.
- En la construcción de viviendas rurales sustentables, un lugar destacado ocupa la selección de los materiales desde la perspectiva de la inercia térmica, resistencia a agentes externos, durabilidad, y, resistencia mecánica.
- Diseñar y ubicar la vivienda con una buena orientación respecto al Sol, ayuda a regular la temperatura en el interior de la vivienda, y, mejora las posibilidades de aprovechamiento de la energía solar para iluminación, calefacción, y, otras.
- Las cubiertas no sólo protegen a las viviendas de los efectos mecánicos y de la humedad de las lluvias, sino que también se han convertido en potenciales áreas para el harvesting de energía solar, y, para la recolección de aguas lluvias para sistemas de reciclado.
- Las iniciativas de reciclado de aguas incluyen el aprovechamiento de aguas empleadas en la vivienda, y, de aguas lluvias.
- Las viviendas rurales tipo de la provincia de Loja, han sido definidas en función del piso climático en el que se encuentran ubicadas, y, considerando aspectos culturales y socioeconómicos.
- La evaluación de los requerimientos de energía de las viviendas rurales tipo, se realizaron tomando como referencia las construcciones típicas de la zona

- rural del cantón Catamayo y de la parroquia rural de Malacatos del cantón Loja.
- Se clasifico a los requerimientos de energía en cuatro grupos básicos (iluminación, entretenimiento / información, refrigeración / calefacción, fuerza, y, bombeo de agua), de acuerdo a las necesidades propias de cada escenario, para la simplificación del diseño de los sistemas autónomos.
 - Una vez identificados los grupos de demanda de energía, en las viviendas rurales tipo de la provincia de Loja, se planteó estudiar propuestas para mejorar u optimizar la situación actual, a fin de reducir la energía requerida a generar desde el sistema autónomo.
 - Identificados los requerimientos, y, proyectada la demanda de energía en la vivienda rural tipo de clima cálido seco a proporcionar desde el sistema autónomo para cada uno de los grupos, la demanda total de energía se estimó en 4597,75 W/día.
 - Identificados los requerimientos, y, proyectada la demanda de energía en la vivienda rural tipo de clima subtropical a proporcionar desde el sistema autónomo para cada uno de los grupos, la demanda total de energía se estimó en 6513,25 W/día
 - La diversidad de microclimas en la provincia de Loja, explica la potencialidad de utilización de energías no convencionales como la energía solar, la eólica, la biomasa, y, la humana.
 - La energía solar representa un gran potencial de aprovechamiento en la zona rural de la provincia de Loja, debido a la intensa radiación solar.
 - El aprovechamiento fotovoltaico permitiría la implementación de sistemas de generación energía eléctrica.
 - El aprovechamiento térmico de la energía solar, podría proveer de agua caliente sanitaria (ACS), servicios de calefacción, u, opciones de harvesting de energía.
 - La energía eólica tiene un potencial interesante que deberá ser validado a través de campañas de monitoreo que permitan obtener datos reales.
 - El aprovechamiento del recurso eólico, permitiría implementar sistemas de generación de energía eléctrica (en régimen autónomo o conectado a la red), sistemas de bombeo de agua, entre otros.
 - La biomasa es una fuente de energía renovable, fácilmente aprovechable en las zonas rurales, que puede ser aprovechada de distintas formas, en función del potencial energético, homogeneidad, y, del volumen de disponibilidad.
 - El harvesting de energía humana proporcionaría recursos suficientes para potenciar procesos de bajo requerimiento de energía en las viviendas rurales, como el bombeo de agua o la generación de energía eléctrica.
 - Una opción viable, técnica, y, económica para mejorar los índices de penetración del servicio de abastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales, son los sistemas fotovoltaicos (PV) autónomos.
 - El diseño de sistemas PV autónomos, tiene como objetivo lograr la mayor fiabilidad y el menor coste posible, jugando con variables como tamaño del generador fotovoltaico, y, tamaño del acumulador, empleando diferentes metodologías y software utilitario.
 - El proceso de diseño de sistemas PV, incluye el análisis del perfil de consumo, de la radiación solar disponible en zona, de las características eléctricas de las cargas, y, de las características técnicas de cada uno de los componentes elegidos.
 - En zonas rurales de la provincia de Loja, se podría optar por sistemas fotovoltaicos autónomos, para cubrir una demanda proyectada de 2KW por día.
 - La herramienta PVSYST, no contiene información relacionada a la provincia de Loja, por lo que decidió obtener data de los niveles de radiación solar a través de la plataforma online NASA Surface Metereology and Solar Energy.
 - Debido a la cercanía de la provincia de Loja a la línea ecuatorial, la inclinación del panel respecto a la horizontal para aprovechar al máximo la luz solar directa, durante todo el año, no es gravitante. Sin embargo, por temas de mantenimiento, los paneles solares pueden colocarse ligeramente inclinados para permitir que la lluvia limpie el polvo, con lo que se recomienda una inclinación de 15°.
 - En el marco de este proyecto, se decidió probar con una autonomía proyectada para el sistema de 4 días, en un sistema potenciado a 24V.
 - PVSYST permitió explorar algunos esquemas de conexión de los equipos, obteniendo como óptimo un requerimiento de 4 módulos PV, conectados en forma de 2 series paralelas, de 2 módulos cada una, para un total de 520Wp. El storage de energía se realiza en un arreglo de 8 baterías, conectadas en forma de 4 series paralelas, de 2 baterías cada una.
 - La selección de los equipos se basó en la disponibilidad en el mercado local. Se preseleccionó un panel PV tipo Zytech 130p, una batería MILLENIUM de 105Ah, un regulador ProStar PS-30, y un inversor Sunny Boy 2000HF-US.
 - La estructura de soporte de los paneles PV puede ser construida de diversos materiales (aluminio, acero inoxidable, hierro galvanizado, madera tratada, etc.), y, debe ser estable, rígida, y, durable, que soporte la fuerza del viento, lluvias, y, otras condiciones adversas.
 - El bajo voltaje de operación de los sistemas PV autónomos utilizados en viviendas, no representa peligro alguno. El máximo riesgo proviene de la

batería, debido a los altos valores de corrientes de cortocircuito.

- En las instalaciones fotovoltaicas, como norma general, la estructura metálica soporte de los paneles, se recomienda conectada a tierra, lo que en instalaciones pequeñas no suele suceder, las recomendaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, especifica que la toma de tierra tendrá una resistencia inferior a 10 Ohmios.
- Se deberá construir una pequeña caseta para alojar los equipos del sistema PV. Las normas prevén la ausencia de ventanas para evitar los rayos UV y el polvo, y, la presencia de una puerta con cerradura para evitar riesgos innecesarios en personal no autorizado.
- Cada componente del sistema PV tiene una vida útil diferente, determinada por el diseño, los materiales de fabricación, la operación, y, el mantenimiento, por lo que se recomienda diferentes formas de disposición final de los componentes, para una posterior revisión y reutilización certificada.
- El presupuesto referencial para la implementación del sistema PV autónomo, considera rubros como planificación del proyecto, mano de obra, y, materiales y equipos, con un valor USD 8888.52.
- La provisión de agua es uno de los problemas a resolver en las zonas rurales. En este trabajo se aportó ideas para implementar un nuevo modelo de gestión del agua, que no sólo optimice el consumo del agua proveniente de las redes públicas, sino que “coseche” las aguas provenientes de lluvias, “capture” las aguas subterráneas, y, reutilice (en lo posible) aguas residuales.
- La cosecha de aguas lluvias es un opción viable para las zonas rurales, tanto desde una perspectiva ambiental como económica, y, puede ser empleada para consumo humano (con tratamientos adicionales) o para otros usos.
- El tratamiento del agua lluvia cosechada, depende del uso final. Para consumo humano, previa la ingesta, se requiere la remoción de partículas, y, al acondicionamiento bacteriológico.
- El diseño de un sistema de cosecha de aguas lluvias, parte del conocimiento del volumen de agua potencialmente cosechable, del volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades, y, de la capacidad del almacenamiento.
- Para el bombeo de agua subterránea se puede aplicar una serie de opciones tecnológicas, potenciadas por energía eléctrica, energía mecánica, o, por energía proveniente de fuentes no convencionales (renovables). Las opciones que emplean energía de fuentes no convencionales, tienen doble impacto: no sólo proveen de agua, sino que también acumulan la energía renovable en

forma de agua, reduciendo la presión ambiental en storage basado en baterías.

- En promedio, las aguas grises de una vivienda representan entre el 40 y el 50% del total del agua vertida a la red de saneamiento. El objetivo del tratamiento de las aguas grises es reducir el contenido en materia orgánica, y, eliminar patógenos y parásitos. Las aguas grises previamente filtradas, pueden ser tratadas con procesos físicos y químicos.

VI. REFERENCIAS

- [1] En línea: Cuauhtémoc García Ledesma Arq., La Arquitectura Sustentable. Consultada: 15/07/2012, tomada de: <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2010/03/30/la-arquitectura-sustentable/>
- [2] En línea: Republica de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Los materiales en la construcción de vivienda de interés social. Consultada: 15/07/2012, tomada de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/guias_vivienda_dt/110811_guia_asis_tec_vis_2.pdf
- [3] En línea: ARQHYS: Orientación eficiente. Consultada: 15/07/2012, tomada de: <http://www.arqhys.com/>
- [4] En línea: Organización Panamericana de la Salud: Hacia una Vivienda Saludable. Consultada: 15/07/2012, tomada de: http://www3.ula.ve/medicina/raiz/ore/servicios_comunitarios/material/vivienda_saludable/archivos/Manual%20Vivienda%20Saludable%20Venezuela.pdf
- [5] En línea: Comité Español de Iluminación: Guía Técnica, Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Consultada: 15/07/2012, tomada de: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_ff12ae5a.pdf
- [6] En línea: Ventilación de la Casa Ecológica. Consultada: 15/07/2012, tomada de: <http://ventilacioncasa.blogspot.com/2008/11/ventilacin-de-la-casa-ecologica.html>
- [7] En línea: Manual para el diseño de desarrollos habitacionales sustentables, Consultada: 16/07/2012, tomada de: http://www.cocof.org/eng/VLibrary/Publications/BECC_Publications/To mo1_Des_Hab_Sut.pdf
- [8] En línea: Balner: agua caliente sanitaria. Consultada: 17/07/2012, tomada de: http://www.balner.com/energias/termica/acs/sec_acs.htm
- [9] En línea: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Consultada: 17/07/2012, tomada de: http://www.acee.cl/576/articles-61341_doc_pdf.pdf
- [10] En línea: Sistemas de Aguas de la Ciudad de México: Programa de manejo sustentable del Agua para la ciudad de México, Consultada: 18/07/2012, tomada de: http://www.sma.df.gob.mx/dgpcp/pdf/ProgAgua_Cd.pdf
- [11] En línea: Quásar Energy, Consultada: 18/07/2012, tomada de: <http://www.schmackbioenergy.com/pages/home.html>
- [12] En línea: Instituto Nacional de ecología: Recolección, reciclado y reuso de agua, Consultada: 18/07/2012, tomada de: <http://vivienda.ine.gob.mx/index.php/agua/recoleccion-reciclado-y-reuso-de-agua>
- [13] En línea: INEC: Redatam, Consultada: 20/04/2012, tomada de: <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>
- [14] En línea: Ficha Técnica Bombeo de agua con sistemas fotovoltaicos, Consultada: 13/04/2012, tomada de: <http://www.solucionespractic.org.pe/fichastecnicas/pdf/FichaTecnica4-Bombeo%20de%20agua.pdf>

- [15] En línea: Libro del Instituto Tecnológico de Canarias: Energías renovables y eficiencia energética. Consultada: 28/10/2012, tomada de: <http://es.scribd.com/doc/46863411/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica>
- [16] En línea: Consejo Nacional de Electricidad, Atlas Solar del Ecuador CONELEC. Consultada: 28/10/2012, tomada de: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1792>
- [17] En línea: IES Energía Solar: Energías renovables. Consultada: 28/10/2012, tomada de: http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf
- [18] En línea: Víctor Santiago Russo, El proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER). Consultada: 29/10/2012, tomada de: http://www.petrotecnia.com.ar/petro_08/Permer_SP.pdf
- [19] En línea: Energía Solar: Clean energy solar. Consultada: 29/10/2012, tomada de: <http://www.cleanergysolar.com/wp-content/uploads/2011/06/cleanergysolar.com-TUTORIAL-Solar-Fotovoltaica-El-efecto-fotovoltaico-INTRODUCCI%C3%93N.pdf>
- [20] En línea: Ing. Juan Pablo Alcocer Luizaga. Docente Universidad del Valle – Cochabamba: La energía solar y su importancia. Consultada: 30/10/2012, tomada de: <http://www.univalle.edu/publicaciones/journal/journal22/pagina03.pdf>
- [21] En línea: Economía de la Energía: Energía Eólica. Consultada: 30/10/2012, tomada de: <http://www.economiadelaenergia.com/energia-eolica/>
- [22] En línea: Sistema de Agua Caliente Sanitaria. Consultada: 30/10/2012, tomada de: http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/3_leg.pdf
- [23] En línea: ¿Qué es la Biomasa? Consultada: 30/10/2012, tomada de: <http://www.need.org/needpdf/spanish/What%20is%20Biomass%20Span%2005.pdf>
- [24] En línea: Ing. Jorge Luis Jaramillo, Generalidades de los sistemas de generación de Energía Eléctrica a partir de Energía Humana. UTPL. Consultada: 31/10/2012, tomada de: <http://www.utpl.edu.ec/blogjorgeluisjaramillo/?cat=678>
- [25] En línea: NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=3.99&lon=79.20&submit=Submit>
- [26] En línea: Tema2: Diseño de sistemas fotovoltaicos autónomos. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/diseño-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view
- [27] En línea: NEC-10, Norma Ecuatoriana de Construcción: Sistemas de generación con energía solar fotovoltaica para sistemas aislados y conexión a red de hasta 100 kW en el Ecuador. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.cicp-ec.com/pdf/3.%20ENERGIA%20RENOVABLE-2.pdf>
- [28] En línea: Zytech ZT130P: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://www.renovaenergia.com/productos_paneles_solares/zytech_zt130p.html
- [29] En línea: Batería MILLENIUM: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.proviento.com.ec/>
- [30] En línea: Regulador de carga: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.proviento.com.ec/>
- [31] En línea: Inversor: Ficha técnica. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://files.sma.de/dl/9524/SUNNYBOYHFUS-DUS120425.pdf>
- [32] En línea: Puesta a tierra. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/diseño-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view
- [33] En línea: Sistemas fotovoltaicos: puesta a tierra. Consultada: 31/07/2012, tomada de: http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/diseño-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema2/skinless_view
- [34] En línea: Herramienta de software PVSYST. Consultada: 31/07/2012, tomada de: <http://www.pvsyst.com/en/software>
- [35] En línea: Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles: Taller sobre indicadores de huella y calidad ambiental urbana, Consultada: 20/10/2012, tomada de: <http://www.forumambiental.org/pdf/huella.pdf>
- [36] En línea: Componentes del sistema de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, Consultada: 21/10/2012, tomada de: <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap3.pdf>
- [37] En línea: Recuperación de agua de lluvia, Consultada: 21/10/2012, tomada de: <http://www.grafiberica.com/>
- [38] En línea: Unidad de Apoyo técnico en Saneamiento Básico Rural: Guía de diseño para captación del agua de lluvia, Consultada: 22/10/2012, tomada de: <http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>
- [39] En línea: Comisión de Desarrollo Sustentable: Manual técnico para la vivienda sustentable Consultada: 23/10/2012, tomada de: http://www.barriosustentablecoronel.cl/PDF/MANUAL_DE_VIVIENDA_SUSTENTABLE.pdf
- [40] En línea: INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.inamhi.gob.ec/>
- [41] En línea: Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap4.pdf>
- [42] En línea: Eduardo blanco Marigorta, Sandra Velarde Suarez, Joaquín Fernández Francos, Universidad de Oviedo: Sistemas de Bombeo Consultada: 23/10/2012, tomada de: http://www.unioviedo.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/_publicaciones/pdfs_libros/PDF_SistemasdeBombeo2.pdf
- [43] En línea: Federico Guido, Capítulo 18: Sinergia hidroenergética. Bombeo de agua. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.emagister.com/curso-agua-energia-sinergia-3/sinergia-hidroenergetica-bombeo-agua-1-3>
- [44] En línea: Urbanización, Infraestructura captación (Bombas y molinos), Consultada: 23/10/2012, tomada de: http://www.aq.upm.es/habitabilidadbasica/docs/recursos/articulos/manuales/2_1_1_abastecimiento_de_agua_captacion.pdf
- [45] En línea: Organización panamericana de la salud: Bombas, Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-bombas.htm>
- [46] En línea: Mayapedal: bici maquinas, Consultada: 22/10/2012, tomada de: http://www.mayapedal.org/esp_machines.html
- [47] En línea: Energía sustentable, Consultada: 22/10/2012, tomada de: <http://www.grupovicom.com/vicomsolar/productos3.html>
- [48] En línea: B. Jefferson, A. Laine, S. Parsons, T. Stephenson, S. Judd: Technologies for domestic wastewater recycling. Consultada: 23/10/2012, tomada de: <http://www.chs.ubc.ca/archives/files/pdf/Technologies%20for%20domestic%20wastewater%20recycling.pdf>
- [49] En línea: Cruz Astorqui Jaime Santa, Universidad Politécnica de Madrid: Viabilidad del aprovechamiento de las aguas residuales generadas en los edificios. Consultada: 23/10/2012, tomada de: http://www.euatm.upm.es/santacruz/Documentos/informeAGUAS_RESIDUALES.pdf
- [50] En línea: DEHOUST: sistema de reutilización de aguas grises. Consultada: 24/10/2012, tomada de: <http://www.dehoust.de/index.asp?art=gebietcontent&id=45&blue=1&img=>
- [51] En línea: Quasar Energy Group. Consultada: 24/10/2012, tomada de: <http://www.schmackbioenergy.com/pages/home.htm>