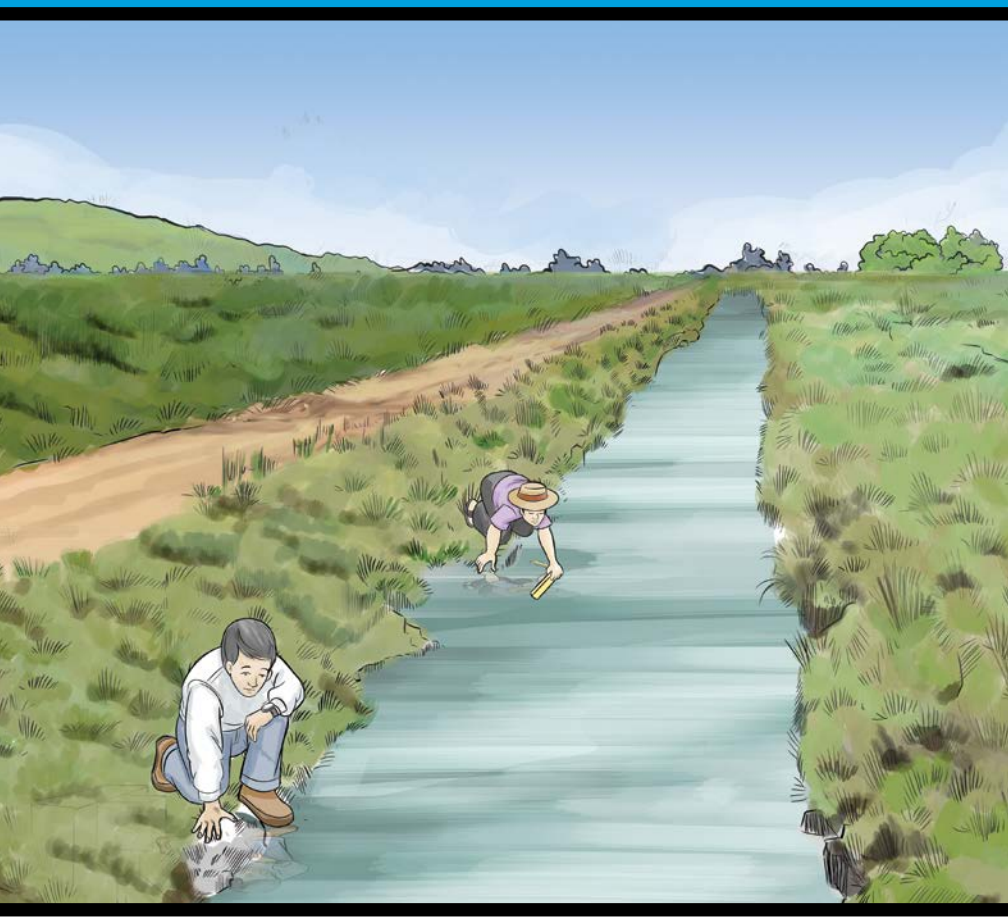
Medición del potencial hidrológico para generación de energía renovable, la experiencia de la Fundación Solar en Guatemala



Dirigida a comunidades y técnicos interesados en la implementación de proyectos de energía renovable para usos productivos

energías renovables | serie técnica | 5

Índice

- Proyecto Usos Productivos de la Energía Renovable en Guatemala (PURE) 3
- Acrónimos 4
- Abreviaturas 5
- Antecedentes 6
- ¿Por qué promover procesos para identificar potencial hidrológico? 7
- ¿Qué es la energía hidráulica y cómo se genera? 8
- ¿Qué es el potencial hidrológico y cómo se calcula? 10
- ¿Qué es un aforo y cómo se usan para calcular el potencial hidrológico? 10
- Método volumétrico para medición de caudales pequeños 11
- Método de velocidad por área conocida 12
- ¿Qué es la altura neta? 14
- Experiencia de la Fundación Solar en mediciones de potencial hidrológico 16
- Resultados obtenidos 18
- Perfil básico 21
- Estudios de prefactibilidad 24
- Identificación de potencial hidrológico en el PURE 27
- Lecciones aprendidas 31
- Anexos 32
- Bibliografía 46

Proyecto Usos Productivos de la Energía Renovable en Guatemala (PURE)

PURE es ejecutado por la Fundación Solar, con el apoyo financiero de PNUD/GEF y el acompañamiento de un comité integrado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Asociación de Generadores con Energía Renovable (AGER), Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), Instituto Nacional de Electrificación (INDE) y Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

El espíritu de PURE es promover el uso de la energía renovable en las comunidades. Esto significa que por medio del uso productivo de la energía renovable se aumenta el valor de los bienes locales y se mejoran las condiciones de vida de la población.

PURE pretende acercar a los productores locales con mercados nacionales y globales para generar un ingreso adicional al que tienen, de tal manera que se pueda aliviar la pobreza en las áreas de influencia del proyecto. Asimismo, busca proveer recursos financieros que aseguren la permanencia de las iniciativas de energía renovable y contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero.

PURE trabaja en cinco departamentos de Guatemala: Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Quiché, San Marcos y Huehuetenango.

El presente folleto es una de las series técnicas elaboradas con el objetivo de crear un manual de buenas prácticas para la implementación y manejo de proyectos con energía renovable, con fines productivos.

Acrónimos

PURE	Proyecto Usos Productivos de la Energía Renovable
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
AGER	Asociación de Generadores con Energía Renovable
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
INDE	Instituto Nacional de Electrificación
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo

Abreviaturas

km^2	Kilómetro cuadrado
MW	Megavatio
kW	Kilovatio
GWh	Gigavatio hora
l/s	Litros por segundo
m	Metros
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
s	Segundo
m^3/s	Metro cúbico por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar

Antecedentes

La Fundación Solar, en su carácter de organismo nacional de ejecución del PURE, ejecuta programas de energía y actividades con iniciativas vinculadas al desarrollo sostenible, incorporando lecciones aprendidas y las necesidades identificadas durante su implementación. El concepto fundamental del PURE es la promoción de la energía renovable en las comunidades, para las aplicaciones productivas que generan ingresos y mejoran el bienestar de su población.

Esto se alcanza ligando el potencial de la energía renovable, en particular la hidroelectricidad, a los esfuerzos de desarrollo rural e integrando energía sostenible como insumo fundamental en los procesos productivos. El proyecto vincula a los productores locales con los mercados nacionales y globales, lo que genera renta adicional, aliviando así la pobreza en estas áreas y facilitando el acceso a los recursos financieros para hacer proyectos rurales de energía renovable más sostenibles.

La Fundación Solar aplica los instrumentos para determinar y seleccionar sitios con potencial hidrológico en los departamentos de San Marcos, Huehuetenango, El Quiché, Baja Verapaz y Alta Verapaz. Esto con el objetivo de construir una línea base que permita contar con la información general e integral de las comunidades, en donde se ha identificado potencial para la implementación de proyectos de energía renovable. El proyecto se ejecuta entre 2007 y 2013.

¿Por qué promover procesos para identificar potencial hidrológico?

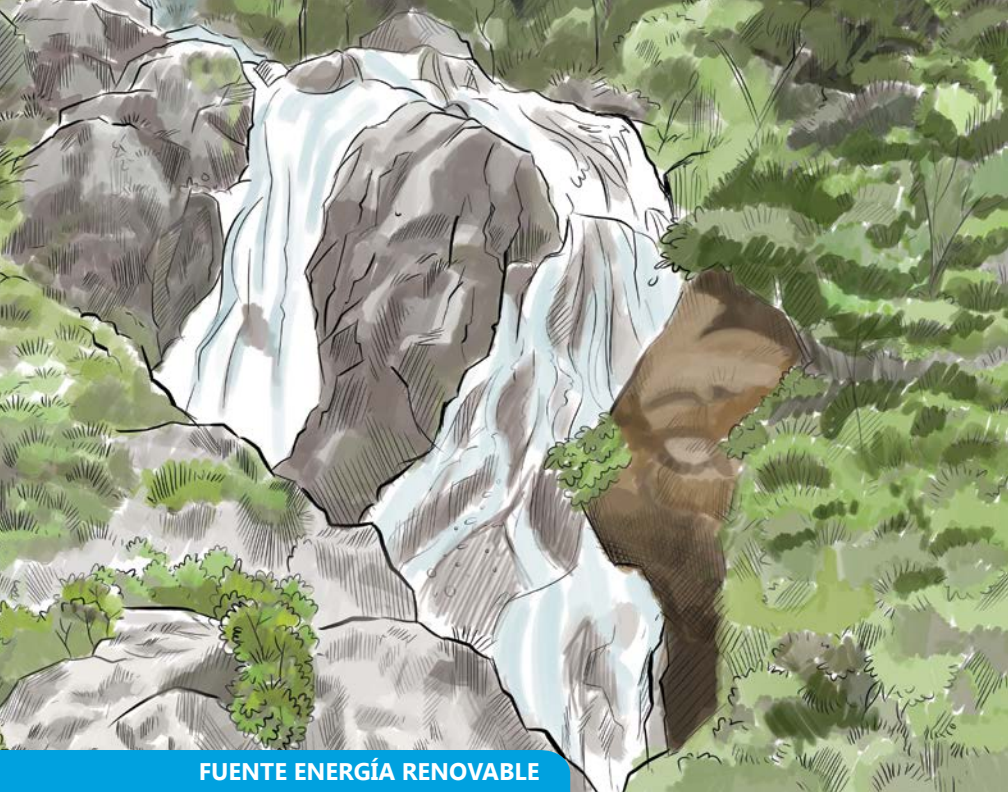
Guatemala es un país con biodiversidad y variedad climática, con una superficie de 108,889 km² y una población proyectada a 2011 de 14,713,763 habitantes (INE, 2012). Se estima que la potencia para generación de energía a través de fuentes hidráulicas es de 5,000 MW, de los cuales solamente se aprovecha el 17% (853 MW). El 83% restante debe ser aprovechado con fines productivos. En la siguiente tabla se aprecia a detalle el potencial por cada fuente:

Cuadro 1: Potencial de generación eléctrica con fuentes renovables

			UTILIZADO		DISPONIBLE	
Fuente	**Potencial**	**Unidad**	**Cantidad**	**%**	**Cantidad**	**%**
Hidráulica	5,000	MW	853.0	17%	4,147.0	83%
Geotermia	1,000	MW	49.2	5%	950.8	95%
Biomasa	700	MW	381.0	54%	319.0	46%
Solar	10,446	GWh/año	52.2	1%	10,394.1	100%
Eólica	7,800	MW	0.1	0%	7,799.9	100%

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Guatemala, 2012.

La generación de energía a partir de una corriente de agua es la fuente de energía renovable más usada en el mundo para generar electricidad. Los



sistemas de pequeña escala pueden contribuir a brindar el servicio de electricidad en zonas no electrificadas y fortalecer la red interconectada. Generalmente, estos proyectos son "a filo de agua", es decir, que desvían temporalmente una parte del caudal de una corriente para la producción de energía hidroeléctrica (BUN-CA, 2002).

¿Qué es la energía hidráulica y cómo se genera?

La energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la fuerza que tiene el agua, que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura

a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica (a través de la rotación de un eje), con el uso de una rueda hidráulica o turbina. Esta energía se puede utilizar directamente para mover un pequeño aserradero, un molino o maquinaria de un beneficio de café. También es posible conectar la turbina a un generador eléctrico y de esta manera transformar la energía mecánica en energía eléctrica, con la ventaja de trasladar con mayor facilidad la energía a los puntos de consumo y aplicarla a una gran variedad de equipos y usos productivos.

Por lo tanto, la cantidad de potencia y energía disponible en el agua de un río o una quebrada, está relacionada directamente a la altura o caída disponible, así como de la cantidad de agua que se trasiega (caudal).

Como estrategia inicial para escoger un posible aprovechamiento hidráulico se debe buscar la mayor caída o altura disponible y de esta manera usar la cantidad mínima de agua que se requiere para satisfacer las necesidades de energía y potencia (BUN-CA, 2002).

La generación puede ser a través de centrales a filo de agua, que consisten en instalaciones que mediante una obra de toma, captan una parte del caudal del río y lo conducen hacia la central para su aprovechamiento y después lo devuelven al cauce del río. Esta disposición es característica de las centrales medianas y pequeñas, en las que se utiliza una parte del caudal disponible en el río. Este tipo de centrales tiene un impacto mínimo en el ambiente.

¿Qué es el potencial hidrológico y cómo se calcula?

El potencial hidrológico de una cuenca hidrológica está integrado por las aguas superficiales y subterráneas que se pueden aprovechar para satisfacer las demandas de los diferentes usos.

Para medir el potencial hidrológico se calcula el caudal de diseño a partir de un aforo y la diferencia de altura entre el punto de bocatoma y de la casa de máquinas (altura neta). Posteriormente, se multiplica por el valor de una constante que se elige de acuerdo al rango de potencia.

¿Qué es un aforo y cómo se usan para calcular el potencial hidrológico?

El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua. Lo ideal es que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de estiaje (los meses secos) y de lluvias, para conocer caudales mínimos y máximos.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos en zonas rurales son los métodos volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales poco voluminosos y el segundo para caudales mayores a 100 l/s.

Método volumétrico para medición de caudales pequeños

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente, se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en l/s.

Si se tiene un recipiente con capacidad de 100 litros y se llena en 5 segundos, el resultado final del aforo será el siguiente:

100 l/5s = 20 l/s

Quiere decir que en esa fuente o río pasan 20 litros de agua cada segundo.

Método de velocidad por área conocida

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que circula de la fuente, tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme.

Se toma una sección de la corriente; se mide el área de la sección; se lanza un objeto que flote agua arriba del primer punto de control y, al paso del cuerpo por dicho punto, se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. El resultado de la velocidad se ajusta a un factor de 0.8 a 0.9.

Por ejemplo:
Si el lugar en el cual se va a realizar el aforo tiene 5 m. de ancho y 10 m. de largo, y el río tiene 0.5 m. de profundidad, se tendrán los datos que servirán para calcular el área total donde se tomará la velocidad con el objeto que se lanzó al río.

Cálculo del área del lecho del río:

Ancho x profundidad = lecho del río

5 m. x 0.5 m. = 2.5 m^2.

Cálculo de la velocidad del recorrido, tomando en cuenta que el objeto lanzado al río recorre los 10 m. durante 7 segundos, se aplica la siguiente operación:

Velocidad de recorrido = distancia/tiempo

Velocidad de recorrido = 10 m / 7 s.

Velocidad de recorrido = 1.43 m/s.

La última operación que se tiene que realizar es el cálculo del caudal, para eso se hace lo siguiente:

Caudal del río = Lecho del río (área) x Velocidad de recorrido

Caudal del río = 2.5 m^2 x 1.43 m/s

Caudal del río = 3.6 m^3/s.

El resultado del aforo es que en ese río pasan 3.6 m^3 de agua cada segundo.

¿Qué es la altura neta?

La altura neta o diferencia de alturas, es el resultado que se obtiene al restar la altura máxima de la altura mínima seleccionada en el sitio de estudio.

Por ejemplo:
La bocatoma debe ubicarse en un punto de máxima altura, donde se concentre la mayor cantidad de caudal, si la altura máxima donde se tiene previsto construir la bocatoma es de 2,500 msnm y la altura donde se construirá el sitio para mover un generador es de 2,465 msnm.

Para calcular la altura neta se tiene que restar 2,500 menos 2,465, el resultado de esta operación es igual a 35 m.

La diferencia de alturas o altura neta es de: 35m.

Cuadro 2: Rango de potencia

Clasificación	Según OLADE	USA, Europa
Pico centrales	Hasta 5kW	Hasta 10kW
Microcentrales	5kW -50kw	10kW-100kW
Minicentrales	50kW- 500kW	100kW – 1 MW
Pequeñas centrales	500kW – 5 MW	1MW – 10MW
Medianas centrales	5MW – 50 MW	10MW –100MW
Grandes centrales	Mayores a 50MW	Mayores a 100MW

Fuente: Revista Informador Técnico, 2011.

Para estimar el potencial hidroenergético debe multiplicarse el volumen de agua que circula en una sección durante un tiempo determinado y/o caudal del río por la altura neta y por una constante que está determinada por el tamaño de la turbina o rango de potencia del proyecto de generación de energía (cuadro 3).

Por ejemplo:
Estimación de la potencia eléctrica posible de generar para una altura neta de 35 m y para 3.6 m^3/s de caudal:

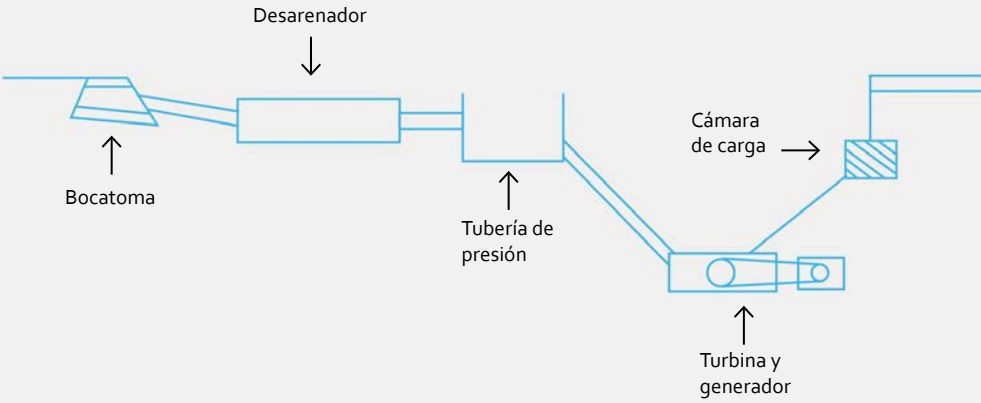
K, valor constante (ver cuadro 3) = 6.5
Q, caudal de diseño = 3.6 m^3
H, altura neta = 35 m.
P =6.5*3.6*35 = 819 kW

Con los valores y el ejemplo anterior se determinó que, con el río estudiado, se pueden generar 819 Kw. de energía para usos productivos de las comunidades cercanas al lugar. Otra conclusión importante es que por la potencia estimada, se puede decir que en este río es posible construir una mini central hidroeléctrica.

Cuadro 3: Rango de potencia de valores de k

Rango de potencia	Valores de k (constante según potencia)
Pico centrales	3.5 – 5.0
Microcentrales	5.0 – 6.5
Minicentrales	6.0 – 7.0
Rangos mayores	7.0 – 7.5

Fuente: (Sierra, Sierra, & Guerrero, 2011)

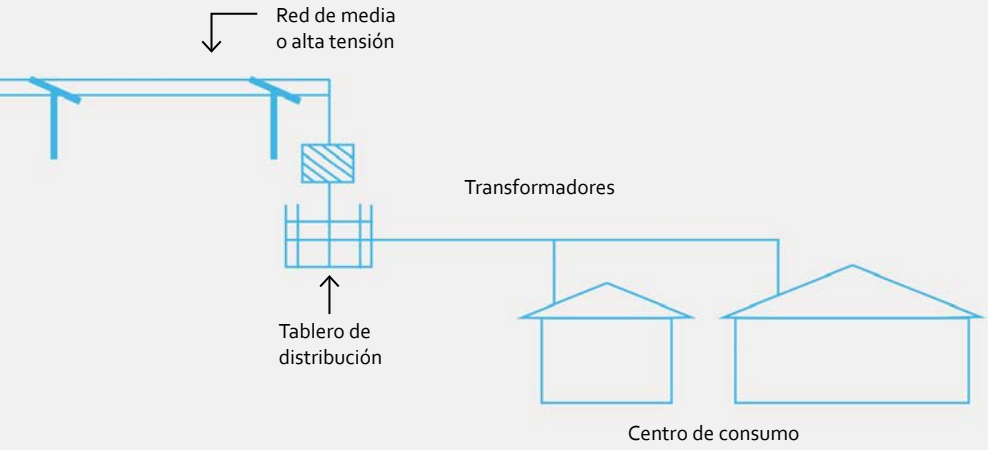


Experiencia de la Fundación Solar en mediciones de potencial hidrológico

El PURE desarrolló tres componentes principales:

1. El social
2. El técnico
3. El financiero

Posterior a la fase de información y sensibilización, y una vez ratificado el interés de la comunidad en desarrollar un proyecto de energía renovable, el componente técnico del PURE con el apoyo de promotores de campo y la comunidad se organizó



para la realización de los caminamientos de reconocimiento del terreno, aforo de las fuentes de agua y recopilación de datos geográficos, entre otros.

La idea fue que la comunidad participara, desde el inicio, en la realización de los estudios que proporcionarían los datos hidrológicos para los análisis de prefactibilidad y perfiles básicos.

Se realizaron visitas de prospección, enumerando sitios para aplicar una lista de criterios de selección (Anexo 1) previamente definida.

En los sitios que calificaron fue aplicada una ficha técnica (Anexo 2) que proporcionó información para

dar seguimiento a procesos enfocados a obtener perfiles básicos y estudios de prefactibilidad, tal como se describe en el Cuadro 5 (ubicado en la sección de resultados).

El estudio para obtener el potencial hidrológico fue realizado por el equipo técnico del PURE, representantes de las comisiones gestoras en las cuales participaron personas del Consejo Comunitario de Desarrollo.

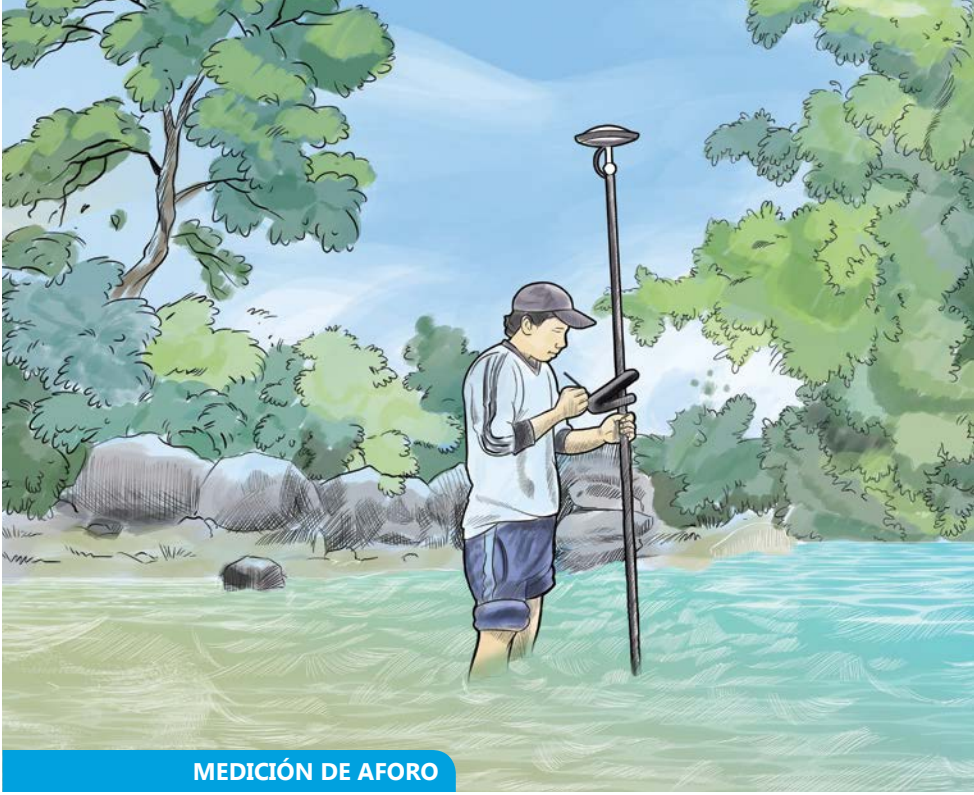
En el caso de proyectos municipales, intervinieron los encargados de la Comisión de Energía de la Corporación Municipal.

Durante los recorridos, se unieron personas de las comunidades ubicadas alrededor del sitio delimitado para realizar cada estudio. El estudio se culminó con reuniones en las que se ampliaron los detalles del proceso para realizar proyectos de generación de energía y se presentaron los objetivos de cada visita. En estas reuniones participaron miembros de los Consejos Comunitarios de Desarrollo, alcaldes auxiliares y sociedad civil).

Resultados obtenidos

Uno de los aspectos importantes es analizar el comportamiento de la precipitación, pues la lluvia es el componente por medio del cual entra agua en una cuenca.

Actualmente, en Guatemala no existe control meteorológico de la mayoría de cuencas y no hay



MEDICIÓN DE AFORO

series históricas de cada cuenca en la información revisada. Por lo tanto, en algunos casos se tomaron en cuenta los datos publicados en el atlas hidrológico de la red meteorológica nacional de Guatemala, revisándose información meteorológica de algunas cuencas y áreas cercanas. También se consideraron estudios, informes e información de lluvia de sitios cercanos a los lugares intervenidos.

Para la determinación de la cantidad de agua se realizaron mediciones de aforo. Algunas mediciones se efectuaron por vadeo usando equipo estándar. El molinete utilizado fue de tipo Gurley AA. Esta técnica se emplea cuando la corriente es poco profunda, pequeña y de fondo

MOLINETE TIPO GURLEY AA

resistente. Para realizarlo es necesario tener un abscisado que permita determinar la posición de las verticales sobre las cuales se hace la medición de profundidades y velocidades de flujo. El abscisado se refiere a marcar medidas cada cierta distancia sobre un instrumento de longitud conocida, como por ejemplo, una cuerda, utilizándose cuando no se tiene una cinta métrica.

Para medir estos parámetros (profundidades y velocidades de flujo), el técnico entra al río con el equipo de medición, toma como referencia una cuerda abscisada o una cinta métrica y efectúa las mediciones con el molinete para presentar caudales en metros cúbicos por segundo.

Perfil básico

El perfil básico es un estudio preliminar que proporciona criterios técnicos, económicos y sociales que ayudan a los actores involucrados en el proyecto de generación de energía a tomar decisiones sobre: las diferentes ideas de planes que puedan surgir en la comunidad, establecer la viabilidad de la implementación del proyecto, profundizar en ciertos aspectos del perfil básico y decidir continuar con el estudio de prefactibilidad o bien, postergarlo o abandonarlo.

Los perfiles básicos para generación de energía renovable para usos productivos contienen la

siguiente información: descripción del sitio, ubicación geográfica, caracterización de los recursos naturales (generalmente con apoyo de información secundaria), breve descripción del proyecto, disponibilidad de caudales, potencial hidroenergético, estimación de la demanda y potencia. En el Cuadro 4 se observa un ejemplo de los datos a obtener en el perfil básico.

Cuadro 4: Datos técnicos contenidos en el perfil básico, caso de aldea Tuicoche, Tacaná, San Marcos

Ficha de perfil técnico de proyecto				
Datos técnicos de la infraestructura				
Nombre del río		Cuilco, Aldea Tuicoche, Tacaná		
Tipo de proyecto: (Conectado o aislado). Aislado		Si el proyecto es desconectado a que distancia esta de la línea de conexión		
Infraestructura	**Ubicación georeferenciada Lat. Log.**	**Altitud MSNM**	**Pendiente Grados**	**Distancia estimada Metros**
Aforo 28.39 m3/ seg.	15°24'35.77"N 92°06'09.39"O	949	5	0.0
Bocatoma				
Infraestructura de conducción	15°24'41.92"N 92°06'08.28"O	945	5.7	250
Desarenador	15°24'47.55"N 92°06'08.75"O	945	2.9	1
Cámara de carga	15°24'48.01"N 92°06'08.76"O	944	2.9	2
Tubería de presión	15°25'11.25"N 92°06'30.66"O	932	11.3	900
Casa de máquinas	15°25'12.97"N 92°06'31.61"O	909	8.5	3
Desfogué	15°25'14.23"N 92°06'29.79"O	906	5.35	2

Cuadro 4: Datos técnicos continuación

Ficha de perfil técnico de proyecto			
Datos técnicos de la infraestructura			
Nombre del río	Cuilco, Aldea Tuicoche, Tacaná		
Tipo de proyecto: (Conectado o aislado). Aislado	Tipo de conexión: (Monofasica, trifásica). Monofasica		
Infraestructura	**Tipo de suelo (arenoso, limoso, arcilloso o pedregoso)**	**Tipo de amenaza topográfica**	**Tipo de vegetación (bosque, sin vegetación herbáceas)**
Aforo 28.39 m3/ seg.	Arenoso textura media y pedregoso	Riesgo a desplaye de río	Arbusto
Bocatoma			
Infraestructura de conducción	Arenoso textura media y pedregoso	Erosión y deslizamientos leves	Arbusto
Desarenador	Arenoso textura media y pedregoso	No hay	Arbusto
Cámara de carga	Arenoso textura media y pedregoso	No hay	Arbusto
Tubería de presión	Arenoso textura media y pedregoso	Riesgo a erosión y desplaye de río	Arbusto
Casa de máquinas	Arenoso textura media y pedregoso	Riesgo a erosión y deslizamiento	Arbusto
Desfogué	Arenoso textura media y pedregoso	Desplaye de río	Arbusto

Fuente: Perfil básico de Tuicoche, Tacaná, San Marcos. Fundación Solar, 2012.

Estudios de prefactibilidad

Antes de iniciar el estudio y análisis comparativo de las ventajas y desventajas que tendría determinado proyecto de inversión, es necesario realizar un estudio de prefactibilidad. El mismo consiste en una breve investigación sobre el marco de factores biofísicos, aspectos legales y análisis financieros que afectan al proyecto. Asimismo, se deben investigar las diferentes técnicas (si existen) de producir el bien o servicio -bajo estudio- y las posibilidades de adaptarlas a la región. Además se debe analizar la disponibilidad del insumo que requiere el proyecto (recurso hídrico) y realizar un sondeo preliminar de la potencial demanda de energía, en lo concerniente a su aceptación por parte de los futuros consumidores o usuarios y su forma de distribución.

Otro aspecto importante que se debe abordar en el estudio preliminar es la cuantificación de los requerimientos de inversión que plantea el proyecto y sus posibles fuentes de financiamiento. Finalmente, se requiere hacer una proyección de los resultados financieros del proyecto y elaborar los indicadores para evaluarlo.

El estudio de prefactibilidad se lleva a cabo con el objetivo de contar con información sobre el proyecto a realizar, mostrando las alternativas que se tienen y las condiciones que rodean al proyecto.

Los principales componentes de los estudios de prefactibilidad elaborados con el apoyo del PURE son:

1. Marco referencial sobre mercado eléctrico de Guatemala.

2. Estudio de geología y geotecnia.

3. Estudio hidrológico.

4. Diseño conceptual.

5. Producción de energía e ingresos.

6. Inversiones del proyecto.

7. Evaluación económica y financiera.

8. Conclusiones y recomendaciones.

9. Evaluación ambiental inicial.

10. Planos de diseño.

Se llevaron a cabo visitas de campo, levantamientos topográficos, un estudio de hidrología con aforo y un estudio de geología.

Para cada uno de estos estudios fue necesaria una fase previa de análisis de información secundaria, en gabinete, donde se utilizaron datos de fuentes como el Instituto Nacional de Estadística, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología, el Instituto Geográfico Nacional y las municipalidades.

Para validar y precisar la información generada en esta primera fase, se llevó a cabo una fase de campo, que fue apoyada directamente por los comunitarios o habitantes de la zona de estudio que se serían beneficiados por el proyecto. Esto tuvo también como fin validar simultáneamente la información con estas personas, permitiendo que se involucraran, conocieran el proyecto y se apropiaran del mismo. Además permitió que fueran los beneficiarios quienes interpretaran los resultados del proyecto y analizaran cuál sería el siguiente paso.

Del resultado de los estudios 1 y 2, se obtuvo información como el caudal promedio del río y si la geología del sitio es apta para el desarrollo del proyecto. Conocer esta información es de suma importancia, ya que ayuda a minimizar las posibles complicaciones antes, durante y después de la construcción de obras civiles.

Las estructuras, presas de almacenamiento o derivación de caudal, tuberías o canales de conducción y casas de máquinas deberán ser planificadas y emplazadas en aquellos sitios con las mejores condiciones topográficas y geológicas o, en su defecto, las condiciones desfavorables deberán ser detectadas y definidas para diseñar las medidas de mitigación necesarias. Al conocer esta información se realizó un diseño conceptual para cada proyecto, según el caudal de diseño de cada sitio en particular, para determinar la potencia instalada y su capacidad de producción en kilovatio-hora/año.

Los estudios de prefactibilidad contienen diseños de la presa, bocatoma, canal de conducción, desarenador, cámara de carga, conducción final con tubería de presión y, finalmente, una casa de máquinas que alberga la turbina, generador, sala de mandos y una subestación eléctrica.

Además, estos estudios contienen diseños de caminos de acceso hacia la presa y el desarenador/cámara de carga, así como para la colocación de la tubería de presión. Cuentan con un diseño y trazo de una línea de transmisión.

Con ayuda de los planos y la información generada es posible delimitar y elaborar un presupuesto completo del proyecto, que proporciona un costo total, incluyendo obras civiles, equipamiento electromecánico, línea de transmisión, intereses durante el año de construcción, puesta en marcha y estudios adicionales de evaluación de impacto ambiental, gerencia de proyecto y técnicos de factibilidad.

En el Cuadro 5 se pueden observar los 37 estudios de prefactibilidad que se llevaron a cabo con apoyo del proyecto.

Identificación de potencial hidrológico en el PURE

En el Cuadro 5 se ilustran los principales resultados obtenidos para cada uno de los sitios:

Cuadro 5: Lista de sitios con potencial hidrológico para generación de energía renovable

Nombre	Departamento	Municipio	Caudal m^3/s	Potencial identificado (kw)	Nivel de estudio
Covadonga	Alta Verapaz	Tucurú	0.41	285.97	PB
Jolom Ijix *	Alta Verapaz	Panzós	0.02	98	EP
Las Conchas *	Alta Verapaz	Chahal	0.02	94	EP
Mayaguá	Alta Verapaz	Panzós	2.5	500	EP
Pueblo Viejo	Alta Verapaz	Panzós	2	570	EP
Santa Teresa I	Alta Verapaz	San Miguel Tucurú	0.14	230	EP
Santa Teresa II	Alta Verapaz	San Miguel Tucurú	3	1000	EP
Seasir *	Alta Verapaz	Cahabón	0.04	59	EP
Caserío Xemes	Baja Verapaz	Cubulco	0.31	205	PB
Chatulul	Baja Verapaz	Cubulco	0.31	282	PB
Chibalám	Baja Verapaz	Cubulco	0.3	400	EP
Chivac	Baja Verapaz	Salamá	0.51	1337	PB
Xeúl Canchel	Baja Verapaz	Cubulco	0.4	500	EP
San Francisco Las Flores	Huehuetenango	Chiantla	16.9	11638	PB
Yalambojoch	Huehuetenango	Nentón	0.285	91	EP
ASODIG La Gloria	El Quiché	Uspantán	0.4	263	PB

* El estudio de prefactibilidad de estos proyectos fue realizado con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo y la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa.

Cuadro 5: Continuación lista de sitios con potencial hidrológico

Nombre	Departamento	Municipio	Caudal m^3/s	Potencial identificado (kw)	Nivel de estudio
Batzchocolá	El Quiché	Chajul		100	EP
Chel	El Quiché	Chajul		165	EP
La Taña	El Quiché	Uspantán	0.325	80	PB
Lirio Putul	El Quiché	Uspantán	0.135	60	PB
Pa'l (ADIM)	El Quiché	Chajul		200	PB
Alea Tuicoch	San Marcos	Tacaná	28.39	8773	PB
Barranca de Gálvez	San Marcos	Nuevo Progreso	0.849	848	PB
Coatán	San Marcos	Tacaná	6	2150	EP
Coatán II	San Marcos	Tacaná	6	2500	PB
Coatán III	San Marcos	Tacaná	6.3	14700	EP
Corral Grande	San Marcos	San Pedro Sacatepéquez	2.5	2479	EP
Cunlaj	San Marcos	Tacaná	4.4	380	PB
Emanuel	San Marcos	Nuevo Progreso	0.52	289	PB
La Castalia	San Marcos	San Marcos	0.6	1000	PB
La Chorrera	San Marcos	Nuevo Progreso	1.33	336	PB
Los Ángeles	San Marcos	Tajumulco	0.25	223	EP
Nueva Escocia	San Marcos	Nuevo Progreso	0.273	175	PB

Cuadro 5: Continuación lista de sitios con potencial hidrológico

Nombre	Departamento	Municipio	Caudal m^3/s	Potencial identificado (kw)	Nivel de estudio
Nuevo Porvenir	San Marcos	Nuevo Progreso	0.228	291	PB
Pueblo Nuevo Tecapalapa	San Marcos	Tajumulco	0.12	112	PB
San Pablo	San Marcos	Tacaná	0.5	159	PB
Tuismil	San Marcos	Tacaná	0.25	127	PB
TOTAL				**52,700**	

EP = Estudio de prefactibilidad
PB = Perfil básico

Fuente: Fundación Solar, 2012.

LECCIONES APRENDIDAS

1. El elemento capacitación/sensibilización es importante para el éxito de un proyecto donde se realizan caminamientos y trabajo de campo.

2. Es indispensable realizar este tipo de mediciones en ambas épocas (invierno y verano), ya que el volumen alto de caudales puede confundir a los interesados en cuanto a la potencia de generación.

3. Si las personas visualizan el beneficio de tener información sobre el potencial de los ríos, pueden monitorear periódicamente los caudales por un tiempo prolongado para tener datos confiables.

4. Para poder determinar razonablemente el caudal en el tiempo para cada sitio en particular, es necesario programar varias jornadas de aforo y tener un récord de monitoreo adecuado.

5. La participación de las comunidades en estos estudios técnicos, les da mayor comprensión sobre los proyectos de energía renovable y los empodera de sus proyectos.

Anexo 1: Boleta de calificación de los criterios de selección

Nombre de la Comunidad: **Municipio:** **Departamento:**

Promotor:

CRITERIO/ PUNTEO TOTAL	INDICADORES/ PUNTAJE PARCIAL	PUNTAJE PARCIAL ASIGNADO	CALIFICACIÓN TOTAL DEL CRITERIO	COMENTARIOS (si se considera necesario)
Entorno geopolítico (12.5)	Localización en ZONAPAZ (0.5)			
	Situación de pobreza y priorización dentro de Estrategia de Reducción de la Pobreza (6)			
	Condiciones de Gobernabilidad (6)			
Necesidad local manifestada (12.5)	Necesidad prioritaria manifestada por la propia comunidad (5)			
	Ubicación estratégica (5)			
	Contemplada en planes de ejecución por parte de la Municipalidad (2.5)			
Capacidad organizativa (12.5)	Organización social y productiva de base existente (COCODE, organización productiva, comité o asociación de mujeres, comité específico para proyecto energético, etc.) (8)			
	Contraparte comunitaria (4.5)			

Anexo 1: Continuación boleta de calificación

CRITERIO/ PUNTEO TOTAL	INDICADORES/ PUNTAJE PARCIAL	PUNTAJE PARCIAL ASIGNADO	CALIFICACIÓN TOTAL DEL CRITERIO	COMENTARIOS (si se considera necesario)
Apoyo gubernamental y/o de cooperación nacional/ internacional (Potencial de sinergias) (12.5)	Infraestructura social existente (3)			
	Planes de implementación de infraestructura social a corto o mediano plazo (2)			
	Infraestructura productiva existente (1)			
	Planes de implementación de infraestructura productiva a corto o mediano plazo (1)			
	Capacidad técnica social existente (1)			
	Planes de inclusión de capacidad técnica social a corto plazo (1.5)			
	Capacidad técnica productiva existente (1)			
	Planes de inclusión de capacidad técnica productiva a corto plazo (1)			
	Existencia o potencial de organización para el manejo de las micro-cuencas (1)			
Condiciones técnicas (12.5)	Potencial del recurso hídrico para generación de energía (3)			
	Potencial del recurso solar para generación de energía (2.5)			

Anexo 1: Continuación boleta de calificación

CRITERIO/PUNTEO TOTAL	INDICADORES/ PUNTAJE PARCIAL	PUNTAJE PARCIAL ASIGNADO	CALIFICACIÓN TOTAL DEL CRITERIO	COMENTARIOS (si se considera necesario)
Condiciones técnicas (12.5)	Potencial de otros recursos renovables para generación de energía (3)			
	Solamente posibilidad a largo plazo de introducción de energía por medio de la red (2)			
	Accesibilidad y dispersión de los puntos de consumo (2)			
Condiciones para la viabilidad y sostenibilidad económica y financiera (12.5)	Certeza jurídica de la tenencia de la tierra (3.5)			
	Mercado para la energía (3)			
	Beneficios sociales (3)			
	Promoción de la sostenibilidad: potencial de usos productivos (3)			
Condiciones para la viabilidad y sostenibilidad social con enfoque de género y diversidad (12.5)	Género y diversidad (12.5)			
Condiciones para la viabilidad y sostenibilidad ambiental (12.5)	Uso de tecnologías limpias (7.5)			
	Deterioro de la cuenca (5)			
		PUNTEO TOTAL		

Anexo 2: Formato de ficha técnica
2.1 Datos generales

Nombre del Representante de la Fundación Solar:			
Cargo: FACILITADOR DE CAMPO			
2.1.1.Nombre del informante (s):			
2.1.2. Cargo (s):			
2.1.3. Nombre de la comunidad:			
2.1.4. Municipio:			
2.1.5. Departamento:			
2.1.6. Nombre de la aldea, caserío y sector:			
2.1.7. Localización geográfica: (GPS) **UTM WGS 84**	a. X-Latitud norte:		
	b. Y-Longitud oeste:		
	c. Z-Altitud:		
2.1.8. **Nombre del proyecto / auspiciante:**	**Fundación Solar/PURE**		
2.1.9. Distancia en Kms. Al último poste electrificado	a. Primaria: b. Secundaria:		
2.1.10. Número de habitantes			
2.1.11. Número de familias			
2.1.12. Número de viviendas			
2. 1.13. Cómo están las viviendas:	Dispersas	Agrupadas:	
2.1.14. Cuál es la distancia promedio entre casa y casa: de:			
2.1.15. Distancia total desde la comunidad a la cabecera municipal en kilómetros:			
Kms.	a. Carretera asfaltada:	b. Terracería	c. Vereda

2.1. Continuación datos generales

d. Transporte de la cabecera municipal a su comunidad: pick up de doble tracción y por la vereda, tracción mular o a pie					
Medio	e. Tiempo				
	Horas	Minutos	f. Distancia Km.	a. Pasaje por persona Q.	a. Flete por quintal Q.
1.Bus					
2.Camión					
3.Pick-up					
4. Bestia					
5. A pie					
2.1.16. Qué días hay transporte:			2.1.17. Cuántos viajes al día hacen:		
2.1.18. Es necesario usar vehículo de doble en invierno				Si	No
Infraestructura comunitaria:					
2. 1.19. Educación	Escuela primaria		Instituto diversificado	Superior	
2.1.20. Salud	Hospital:		Puesto de salud	Otro:	
2.1.21. Social	Salón comunal		Centro de convergencia	Otro:	
2.1.22 Religiosa	# Iglesias católicas:		# Iglesias evangélicas:	Otras	

2.2. Organización

Organizaciones existentes en la comunidad	¿Qué tipo de trabajo realizan?	¿Quiénes son sus dirigentes?	¿Cuántos años hace que funcionan?

2.3. Organización

Fuente	Nombre	Distancia aproximada desde la comunidad en Kms.	¿Quien es el propietario?
Río			
Arroyo			
Nacimiento			
Pozo			
Lago			
Laguna			
Aguada o Aljibe			

2.4. Recursos hidricos de la comunidad

USOS DEL AGUA		
¿Esta agua es suficiente para atender las necesidades de la comunidad?	SI	NO
¿Comparten estas fuentes con otras comunidades?	SI	NO
¿Existe algún conflicto entre su comunidad y otra por el uso del agua?	SI	NO
¿Deben pagar alguna cuota por el servicio de agua?	SI	NO
¿Si tiene que pagar cuánto es lo que pagan por tener el servicio de agua?		
¿Cuáles son los usos del agua en la comunidad?		

2.5. Bosque

¿Existen algún programa para cuidar los bosques y el agua de la comunidad?	SI	NO
¿Quiénes son los responsables del cuidado de los bosques y agua de la comunidad? ¿Existe algún comité?		

5. Ambiente y gestión de reducción de riesgo
5.1. ¿La comunidad tiene riesgo a sufrir impactos por las siguientes amenazas naturales?

5.1.1. Amenazas naturales	5.1.2.Frecuencia de emergencias ante las amenazas				
	a. Cada año	B .Cada dos años	c. Cada tres años	d. Más de cuatro años	e. ¿Cuál de estos ha afectado a su familia?
1.Inundaciones					
2.Deslizamientos y derrumbes					
3.Plagas y enfermedades					
4.Vientos					
5.Heladas					
6.Sequías					
7.Sismos					

5.2.¿La comunidad tiene riesgos a sufrir impactos por las siguientes amenazas socio-naturales?

5.2.1. Amenazas naturales	5.2.2.Impacto		
	a. Muy severo	b. Severo	c. Moderadamente severo
a.Incendios agrícolas, forestales			
b.Plagas y enfermedades			
c.Contaminación			
d.Sequías			
e. Contaminación del agua			
f.Contaminación del aire			
g.Uso de agroquímicos			
h.Degradación del suelo			
i.Venta y caza de animales silvestres			

5.3.¿La comunidad posee organización o comité para atender las emergencias provocadas por el riesgo a desastres?	
5.4. ¿La comunidad posee plan de emergencia?	

5.5.¿La comunidad posee las siguientes amenazas sociales?

5.5.1.Problemas sociales	**5.5.2. Frecuencia**			
	a. Muy frecuente	b. Frecuente	c. Poco frecuente	d. Ninguna
a.Presencia de maras o pandillas				
b. Robos y asaltos				
c. Asesinatos, homicidios				
d.Linchamientos				
e.Violencia doméstica a niñez				
f.Violencia doméstica mujeres				
g.Abandono del hogar por padres				
h.Falta de presencia de la policía				
i.Dificultades para obtener alimentación				
j.Desempleo				
k.Niños abandonados en la calle				
l.Falta de lugares para el cuidado de niños (as)				
m.Conflictos por tierra				

5.6. ¿Están organizados para mejorar la capacidad de respuesta ante los impactos de las amenazas?	
5.7. Conocen y están participando en las Coordinadoras Locales para la reducción de desastres (COLRED) y/o COMRED.	
5.8. ¿Tienen algún apoyo de capacitación en el tema de reducción de riesgos y quién se las brinda?	
5.9. ¿Cuentan con información de los principales lugares vulnerables ante las amenazas?	
5.10. ¿Principales elementos expuestos ante las amenazas identificadas (bosque, suelo, infraestructura de viviendas, otros)?	

6. Actividades productivas
6.1 Agricultura

Cultivos que siembran actualmente				Comercialización y venta	
Cultivo o producto	Área sembrada por familia	Destino		¿En dónde los venden?	¿A quién los venden?
		Autoconsumo %	Venta %		

6.2 Artesanía

Material	Producto	¿Quién lo fabrica?				Mercado			¿A quién venden?		
		H	M	J	N	Local %	Nacional %	Exportación %	Coyote	Intermediario	C. F.

6.3 Negocios existentes en la actualidad

Tipo	Cantidad	Tipo	Cantidad
Tiendas		Molinos	
Farmacias		Veterinarias	
Comedores		Pensiones	
Librerías		Cantinas	
Pinchazos		Transportistas	
Herrerías		Talabarterías	
Carpinterías		Sastrerías	
Tejedurías		Alfarerías	
Ferreterías		Beneficios	
Aserraderos		Carnicerías	
Granjas		Otros especifique	

6.4 Ganadería

Producción actual				Comercialización y venta	
Especie	Cantidad por familia	Destino		¿En dónde los venden?	¿A quién los venden?
		Autoconsumo %	Venta %		
Vacas					
Cerdos					
Pollos engorde					
Gallinas ponedoras					
Chompipes					
Patos					
Bestias de carga					

6.5 Trabajo remunerado (anotar cuánto gana)

Pago jornal en la comunidad	Migración a otras comunidades o países	Pago jornal fuera de la comunidad	Meses de migración	Productos
Línea				

6.6 Artesano

Tipo	Cantidad	Tipo	Cantidad
Carpinteros		Herreros	
Sastres		Mecánicos	
Alfareros		Electricistas	
Albañiles		Radio técnicos	
Otros, especificar			

7. Datos técnicos del proyecto

¿En la comunidad cuentan con algún servicio de energía eléctrica?	**SI**	**NO**
Si la respuesta anterior es SI, entonces investigar: ¿Con qué tipo de generación funciona el proyecto anterior?		

Microcentral hidroeléctrica	Fotovoltaica	Eólica	Biomasa, material verde y/o compost	Otros, especifique

Tipo de línea		Voltaje		No. de usuarios	
Monofásica	Bifásica	kv X	kV X	Conectados	No conectados
V	V				
Número de usuarios dentro de la franja de 200 Mts.					

¿En la comunidad se ha trabajado algún proyecto de energía eléctrica?	SI	NO
¿Quiénes financiaron el proyecto de energía eléctrica?		
¿En qué año?		

¿Cuál fue el aporte que dio la comunidad para ese proyecto?			
Cantidad de jornales		Precio por jornal	
Alimentación		Hospedaje	
Materiales		Otro	

¿Desean cambiar el tipo de generación de energía?	SI	NO
¿Por qué desean cambiar de proyecto de generación?		
¿Estaría usted de acuerdo en pagar por el servicio de energía eléctrica?	SI	NO
Si su respuesta fue no, indique ¿Por qué?		
¿Cuánto está dispuesto a pagar mensualmente por el servicio de energía eléctrica?		
¿Sabe usted que sus autoridades comunales están gestionando un proyecto micro hidroeléctrico para beneficio de su comunidad?	SI	NO
¿Qué opina sobre el proyecto microeléctrico?		
¿Estaría interesado en organizarse con comunidades vecinas para elaborar el proyecto micro hidroeléctrico y mantenerlo a futuro?	SI	NO

8. Estudio para el proyecto de microcentral hidroeléctrica

¿Qué sabe del proyecto?		
¿Sabe que el proyecto micro hidroeléctrico comunitario funciona a base de agua y que es necesario utilizar una parte del río?	SI	NO
¿Estaría usted dispuesto a ceder el derecho de paso en su terreno para la construcción de obras del proyecto?	SI	NO
¿Usted apoya el proyecto?	SI	NO
¿Cuál sería su aporte si usted apoya el proyecto?	SI	NO
¿Está usted de acuerdo que la operación y mantenimiento del proyecto sea a nivel comunitario?	SI	NO

9. Sondeo acerca de la Fundación Solar

¿Conoce usted a la Fundación Solar?	SI	NO
¿Sabe a qué se dedica?	SI	NO
Especifique		

Nombre de quién recoge la información:	
Fecha de la encuesta:	
Revisada y aprobada por:	

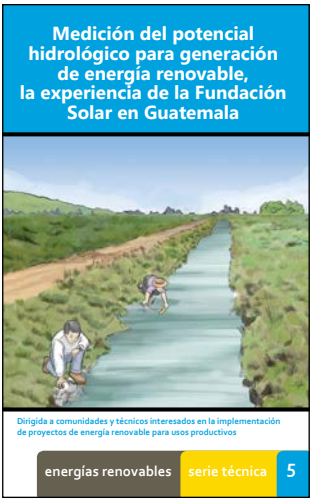
Comunidad: Municipio:

Representante:

Cargo:

Sello autoridades comunitarias:

Bibliografía: •La mayoría de datos de esta serie técnica fueron generados por el registro del Proyecto Usos Productivos de la Energía Renovable (PURE) de Fundación Solar. Fuentes consultadas: •BUN-CA. (2002). Manual sobre energía renovable: hidráulica a pequeña escala. San José, Costa Rica: Biomass Users Network (BUN-CA). •Geo-Termia. (2012). Mini Central Hidráulica. Recuperado el 2012, de Geotermia|Aerotermia|Eficiencia Energética: http://www.geo-termia.com/blog/micro-central-hidraulica •Instituto Nacional de Estadística. (2012). Banca en línea. Recuperado el 2012, de http://www.ine.gob.gt/np/poblacion/index.htm •Sierra, F., Sierra, A., & Guerrero, C. (08/11/2011). Recuperado el 2012, de Revista Informador Técnico: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDIQFjAA&url=http%3A%2F%2Finformadortecnico.senaastin.com%2Findex.php%2Finftec%2Farticle%2Fdownload%2F31%2F25&ei=qDguUdTBKsfO2QWm50A0&usg=AFQjCNErqbn4hsxlYbwomMVih_rH q0FhEQ&sig2



Esta es una serie técnica de la Fundación Solar, a través del Proyecto Usos Productivos de la Energía Renovable (PURE), con el apoyo financiero del Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés -Global Environment Facility-) y administrado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Elaborada por César Simeón Echeverría López y Marta Estrada, Fundación Solar.

Editada por Xiomara Campos.
Diseñada e ilustrada por Tritón imagen & comunicaciones.

Producida en Guatemala.
Enero de 2013.
Tiraje de 300 ejemplares

Fundación Solar

Fundación Solar es una organización privada de desarrollo (OPD), establecida en Guatemala desde septiembre de 1994.

La organización nace de la inquietud de un grupo de profesionales comprometidos con Guatemala y convencidos que apoyar y desarrollar proyectos enfocados en el uso de la energía renovable, la conservación del medio ambiente, el fortalecimiento de las capacidades locales y la organización de base en las comunidades rurales, son la respuesta para impulsar el progreso del país.

Desde su creación la Fundación Solar ha identificado instituciones afines a su filosofía de trabajo con las que ha establecido alianzas, logrando con el apoyo de estos socios la gestión y administración de financiamiento para la ejecución de proyectos en el área rural, como una contribución para reducir la pobreza y proteger el patrimonio ambiental y cultural.

FUNDACIÓN SOLAR

5ta calle 17-10 zona 15, Vista Hermosa I,
Colonia el Maestro II, Ciudad de Guatemala,
Guatemala Centroamérica.
Teléfonos: +502 2369-1181 y +502 2369-4402
www.fundacionsolar.org.gt
fsolar@fundacionsolar.org.gt

PNUD
Al servicio de las personas y las naciones

gef