



Ingeniería Energética

ISSN: 1815-5901

Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.Cujae

Soto Calvo, Manuel Alejandro; Vilaragut Llanes, Miriam; Castro Fernández, Miguel
Metodología participativa para el diseño de micro redes eléctricas en Cuba
Ingeniería Energética, vol. XLV, núm. 1, 2024, Enero-Abril, pp. 75-88
Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.Cujae

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329177474008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Metodología participativa para el diseño de micro redes eléctricas en Cuba

Participatory methodology for the design of micro-grids in Cuba

Manuel Alejandro Soto Calvo^I, Miriam Vilaragut Llanes^{II,*}, Miguel Castro Fernández^{II}

^IUnión Eléctrica (UNE). Cuba

^{II}Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, CUJAE. Cuba

* Autor de la correspondencia: miriamv@electrica.cujae.edu.cu

Recibido: 6 de octubre de 2023

Aprobado: 15 de diciembre de 2023

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



RESUMEN/ ABSTRACT

La implementación de Fuentes Renovables de Energía es cada vez más pertinente en todos los sectores de la sociedad y, fundamentalmente, en comunidades rurales alejadas del sistema eléctrico. Esta realidad precisa de un enfoque social que permita conocer las particularidades de cada asentamiento y sus pobladores. La presente investigación está orientada a estudiar el ámbito social y la aplicación de micro redes para fomentar el desarrollo local y erradicar los problemas socioculturales y políticos que acarrea la falta de acceso a un servicio eléctrico de calidad. Igualmente, se propone una metodología social participativa para el diseño de micro redes eléctricas rurales y la obtención de un resultado integrador y sostenible en el tiempo que satisfaga las expectativas y necesidades de sus beneficiarios. Se aplican, además, otras metodologías cualitativas y cuantitativas para la obtención de datos como son: el análisis documental, la entrevista estructurada y semiestructurada, las encuestas y el árbol de problemas.

Palabras clave: micro redes, comunidades rurales, apropiación social, apropiación tecnológica, metodología participativa.

The implementation of Renewable Energy Sources is becoming more and more pertinent in all areas and sectors of society but, fundamentally, in rural communities that are far from the national electrical system, due to the complexity of the lives of those people who lack energy electrical. This precise reality, not only from research carried out by technical sciences but also from a social approach that allows knowing the particularities of each of these systems and their inhabitants. This research is aimed at carrying out a study of the social environment that surrounds rural contexts and the application of micro grids in these to promote local development and eradicate sociocultural and political problems caused by the lack of access to a quality electric service and reliability. As well as, proposing a participatory methodology with social considerations for the design of electric micro grids under the realities of rural populations in Cuba and obtaining an integrating result that meets the expectations and needs of its beneficiaries and is sustainable over time. Other methodologies are also applied to obtain data that correspond to qualitative and quantitative methodologies such as: documentary analysis, structured and semi-structured interviews, surveys and the problem tree.

Key words: micro-grids, renewable energy sources, rural communities, social appropriation, technological appropriation, participative methodology.

INTRODUCCIÓN

Los esquemas tradicionales de generación, transmisión y distribución de energía en el mundo, se enfrentan a una serie de retos relacionados con su sostenibilidad, eficiencia, escalabilidad y flexibilidad [1, 2]. Al tratarse de esquemas centralizados en su mayoría, existen problemas operacionales y ambientales que a pueden volver a la red insostenible y poco eficiente, debido por ejemplo al incremento de las pérdidas eléctricas, congestión de potencia e impacto medioambiental por el uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad [3, 4].

Cómo citar este artículo:

Manuel Alejandro Soto Calvo y otros. Metodología participativa para el diseño de micro redes eléctricas en Cuba. Ingeniería Energética. 2024. 45 (1), enero/abril. ISSN 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

La mayor parte de la energía utilizada a nivel mundial está distribuida entre los sectores de generación eléctrica y del transporte, seguido de industrias del tipo químico, agrónomas, entre otras [5]. Se proyecta un crecimiento de la población mundial de alrededor de 10 billones de habitantes para el 2050, por lo que se necesitará un promedio de 32.3 TW para suplir las necesidades energéticas [6]. Actualmente 840 millones de personas en el mundo viven sin electricidad, unos 3 000 millones cocinan con combustibles contaminantes y cerca de 1 000 millones se conectan a redes eléctricas poco fiables e inestables. En América Latina más de 100 millones de personas no tienen acceso a energía limpia, fiable y constante [7]. La mayor parte de estas personas sin acceso a la electricidad se encuentran en zonas o regiones de difícil acceso o a grandes distancias de los centros de carga y circuitos principales de las redes de distribución, volviendo no factible la interconexión de estas comunidades a la red [2].

Así entonces, las micro redes eléctricas se han identificado como una alternativa para suministrar energía a los más de 1.09 billones de personas en el mundo que aún no cuentan con servicio eléctrico y viven en zonas rurales y alejadas de los sistemas eléctricos interconectados [8]. Es habitual pensar en el espacio rural como un medio en el que sus habitantes suelen tener menor calidad de vida, entre otros aspectos, por las diferencias en la provisión de servicios de todo tipo, en comparación a la que presenta la población urbana [1, 9]. Este escenario ha favorecido históricamente los procesos migratorios del campo a la ciudad (e incluso los procesos de migración internacional), y la consiguiente creación de brechas de pobreza entre el medio urbano y el rural [10]. En este sentido, el acceso a la energía eléctrica ha sido una preocupación permanente en los países en vías de desarrollo, tanto para los gobiernos (al ser una herramienta clave para su progreso económico, social y humano) como para las localidades rurales, que han visto restringidas sus posibilidades de desarrollo equitativo por falta de oportunidades económicas y sociales derivadas del limitado acceso a la electricidad.

Diversos estudios confirman lo anterior, apuntando los impactos positivos del acceso y uso de la electricidad en la calidad de vida de los hogares rurales [11-13]. Así mismo, el acceso a la energía eléctrica se encuentra estrechamente vinculado con la calidad de la educación, ya que se mejoran las condiciones y las técnicas educacionales y se optimiza el tiempo de aprendizaje [14, 15]. Además, la energía eléctrica facilita el acceso a otros servicios como el agua potable y las comunicaciones. Es en este marco, Cuba se dio a la tarea de lograr el 100% de población con acceso a la electricidad, objetivo cumplido el 19 de abril del año 2019 con la instalación de 17 554 Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFVA). Estos sistemas permiten a los beneficiarios un acceso básico a la electricidad, sin embargo, se encuentra lejos de satisfacer todas sus necesidades energéticas. Es por esto que más recientemente se ha comenzado a pensar en la repotenciación de estos servicios, garantizando suplir totalmente estas demandas energéticas. Así entonces, aparecen las micro redes eléctricas como una alternativa para lograr este propósito.

Las micro redes, además de sus ventajas técnicas y su robustez, resultan muy convenientes en marcos rurales y comunitarios. Uno de los tantos conceptos de micro redes, las acotan como sistemas con integración de múltiples fuentes de generación y control para la conformación de para la alimentación de cargas diversas, estos sistemas pueden funcionar de manera aislada o interconectada a la red de distribución. Es así como las micro redes mismas apoyan y fomentan la unidad y cohesión comunitaria. Sin embargo, para que estas tecnologías sociales resulten factibles se necesita de la presencia de una variable fundamental, conocida como “apropiación social de las tecnologías” que, entendida de manera genérica, no es más que “una forma de crear significado social desde las actividades cotidianas de la vida diaria”. Esta definición alude al complejo entramado de relaciones existentes entre las necesidades, deseos, posibilidades y recursos, de manera que se construye el conocimiento cuando se construye el contexto en donde se produce [16].

La tecnología no es un concepto que se limita a los artefactos y a las máquinas, sino que posee una concepción integral y pasa a ser, ante todo, un fenómeno social [17]. La apropiación social de dicha tecnología genera importantes beneficios económicos y ambientales, y a su vez, propicia la transmisión de conocimientos en aquellos que hacen uso de ella [18]. El uso de estas energías limpias aporta grandes ventajas entre las que se pueden citar las siguientes: se eleva la calidad de vida de la población, se generan nuevas fuentes de empleo, se eleva la cultura energética, se humaniza el trabajo y se disminuye el consumo de portadores energéticos convencionales, con la finalidad de lograr la sostenibilidad del proceso. En la casi totalidad de los países del mundo, la estrategia más utilizada para dar acceso a la electricidad es la extensión de la red eléctrica [13]. Sin embargo, esta estrategia resulta poco factible cuando se trata de llegar a zonas alejadas, de difícil acceso y con baja densidad de población [19].

Una buena alternativa a esta problemática son los sistemas autónomos y los sistemas de micro redes eléctricas, basados en fuentes renovables de energía. Para diseñar estos sistemas existen modelos matemáticos como el utilizado en [20], que consideran criterios técnicos y económicos de manera bastante pragmática. Sin embargo, las micro redes eléctricas en la actualidad se desarrollan en contextos muy particulares y con una elevada repercusión en el ámbito social. Por ejemplo, los Parques Fotovoltaicos (PFV) conectados a la red son normalmente promovidos por empresas generadoras de electricidad con fines comerciales y en busca de un beneficio meramente económico y medioambiental.

Sin embargo, las micro redes eléctricas actualmente, se originan por interés y necesidad de los usuarios y pobladores, ya sea bajo la premisa de reducir o eliminar completamente el pago de la tarifa eléctrica, ganar en independencia energética y automanejo o, en el caso de los últimos, mejorar su calidad de vida gracias al acceso a la electricidad. Por tanto, resulta de vital importancia que cualquier solución técnica en el diseño y concepción de una micro red eléctrica cumpla con los requerimientos sociales propios de cada caso. Por lo que, un primer paso en el diseño de estas soluciones tecnológicas, debe ser precisamente la identificación de estas demandas y criterios sociales para garantizar y facilitar la aceptación e integración en el día a día de los beneficiarios. Pues, sin dudas, este tipo de proyectos está encaminado a cambiar y mejorar la vida de las personas.

DESARROLLO

Panorama de las micro redes eléctricas en comunidades rurales de Cuba

Con el incremento de las preocupaciones por los impactos medioambientales de los métodos convencionales de generación de electricidad, el empuje mundial se está desplazando hacia la utilización de sistemas con alta penetración de fuentes renovables de energía [21]. Las micro redes eléctricas se definen como sistemas con múltiples fuentes de generación altamente controlables, con la capacidad de operarse tanto aisladas como conectadas a una red de distribución o transmisión convencional. Estos sistemas, su modularidad, flexibilidad y posibilidad de operar aislada de resto del sistema eléctrico, la ha convertido en una solución bastante empleada en los contextos rurales.

Esta aplicación en contextos rurales va orientada mayormente a solucionar el déficit de acceso a la electricidad que muchas veces son causantes de pobreza y otros males sociales[18]. Mientras que en el resto de los sectores se encuentra fomentada por incentivos o subvenciones gubernamentales, como es el caso del sector comunitario y empresarial. Ciberseguridad, confiabilidad y fiabilidad en el caso del sector militar y madurez tecnológica e investigativa en el caso de las aplicaciones institucionales y campus universitarios.

En Cuba se hace cada vez más pertinente la mirada social a la problemática de la no electrificación en comunidades rurales, aisladas del Sistema Eléctrico Nacional. Este tema gana relevancia debido al copioso número de factores subjetivos que se encuentran aparejados a dicha situación y que condicionan la vida de esas personas carentes de electricidad. Entre la gama de problemas sociales que persisten en dichas comunidades, podemos mencionar:

- ✓ Elevada tasa de migración a las ciudades o zonas electrificadas en busca de mejora de condiciones de vida que trae consigo la despoblación de espacios rurales.
- ✓ Incremento, sobre todo en polos productivos, de población flotante que solo habita la comunidad en tiempo de cosecha o producción debido a las condiciones que estas presentan.
- ✓ Sobrecarga del trabajo de la mujer, fundamentalmente en tareas vinculadas al rol reproductivo (actividades y tareas dedicadas al cuidado y manutención de la casa sobre todo en horarios en que reciben energía eléctrica.
- ✓ Limita el emprendimiento laboral dado a que la mayoría de los empleos requieren el uso de electricidad.
- ✓ Favorece el trabajo rudimentario y primitivo que exige mayor esfuerzo físico debido a que los medios de producción son en su mayoría incipientes y carentes de tecnologías.
- ✓ Crea brechas de desigualdad entre hombres y mujeres; condicionado por el esfuerzo físico que requieren la mayoría de los empleos en zonas rurales lo que trae aparejado que el género femenino quede rezagado para tareas vinculadas a la producción, y aun cooperando de alguna manera no recibe en la mayoría de los casos una remuneración salarial.
- ✓ Imposibilita la prestación de servicios necesarios para el desarrollo de la vida comunitaria.
- ✓ En algunos casos limita la natalidad, debido a la escasez de escuelas y puestos médicos.
- ✓ Propicia la desinformación de la población.
- ✓ Obstaculiza el desarrollo económico y productivo de las comunidades.
- ✓ Produce descontento con la comunidad debido al sin número de limitantes que provoca la falta de energía eléctrica.
- ✓ Crea dependencia de estos asentamientos a zonas electrificadas cercanas.

El 17% de la superficie cubana es montañosa, y se estima que viven en ella más de 720 000 personas [22], así mismo existen unas 66 420 viviendas aisladas del SEN, como se muestra en la figura 1 y recibiendo un pobre servicio eléctrico que no cubre más que 4-6 horas al día o cuenta con poca calidad. La población de estas zonas rurales se distribuye en asentamientos dispersos y de difícil acceso. Estas comunidades cuentan con servicios para los cuales el suministro energético resulta complejo desde el punto de vista técnico y mediante Grupos Electrógenos (GE), que utilizan Diésel que es sumamente costoso e insostenible. Existen actualmente 466 Grupos electrógenos, instalado en comunidades rurales cubanas, con potencias entre 6 y 455 kVA, los cuales consumen anualmente unos 10410800 litros de diésel. Estos Grupos Electrógenos pueden ser utilizados como respaldo en las micro redes eléctricas, dotando a estos sistemas de robustez y fiabilidad [23]. Para dotar a estas poblaciones de electricidad mediante fuentes más eficientes, y evitar la migración forzada a las ciudades, se inició el programa nacional de electrificación rural, en el marco de la política energética cubana.



Fig.1. Distribución geográfica de las viviendas con carencias energéticas. Fuente: Realización propia

Los hogares son un centro clave en la toma de decisiones y relaciones de poder por lo que una de las cuestiones a tener en cuenta en el proceso de intervención y planificación de acciones rurales es que, usualmente en estos entornos las tareas se encuentran distribuidas por género. Así, el acceso a la electricidad, además de elevar las condiciones de vida, potencia el empoderamiento de la mujer y la equidad de género. Las mujeres se encuentran más tiempo en el hogar, dedicando el 41% de su tiempo a tareas domésticas, haciendo mayor uso de la electricidad, mientras que los hombres solamente ocupan un 10% a la vez que ocupan un 47% del tiempo en actividades productivas fuera del hogar y las mujeres un 22%. Estos datos fueron obtenidos gracias a la aplicación de encuestas a los pobladores de 21 comunidades rurales visitadas en la mayor parte del país, con especial hincapié en la región centro-oriental, región esta que coincide con la zona de Cuba con mayor concentración de población rural sin acceso a un adecuado servicio eléctrico tal y como consta en la figura 1.

Dinámica y estructura sociodemográfica

Usualmente en estos contextos rurales, los pobladores se encuentran asociados a actividades productivas desde tempranas edades, mayormente agrícolas, ganaderas y mineras, provocando que la formación educacional no siempre sea una de las prioridades. En la figura 2, se muestra la distribución del nivel de escolaridad predominante en estos entornos; demostrando que el nivel educacional predominante son los estudios secundarios finalizados con un 34 % mientras que los estudios superiores ocupan solo un 5%. Este nivel educacional predominantemente bajo, resulta un desafío a sortear en el proceso de lograr la aceptación tecnológica por parte de los pobladores. Así mismo, dadas las difíciles condiciones de accesibilidad a muchas de estas zonas, resulta una práctica beneficiosa lograr formar capacidades locales que permitan crear brigadas de operación y mantenimiento para atender los sistemas tecnológicos que compongan la micro red eléctrica. Por lo que, muchas veces el nivel educacional pudiera complejizar bastante esta labor y limitar de cierta forma la independencia energética y auto gestión local de las micro redes.

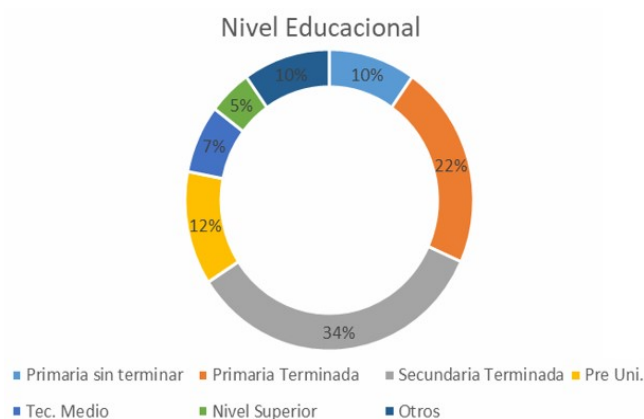


Fig. 2. Comportamiento del nivel educacional en las comunidades encuestadas. Fuente: Realización propia

Un elemento imprescindible en este tipo de sistemas y entornos es identificar en las comunidades aquellos pobladores que pudieran encargarse de la operación y mantenimiento de los sistemas de micro redes. Así entonces, en la encuesta se evidenció que, un 22.67% de la población no tiene ningún tipo de conocimiento sobre las FRE o las tecnologías que componen las micro redes, como puede apreciarse en la figura 3, mientras que un 42.44% afirma conocer un poco de estas tecnologías.

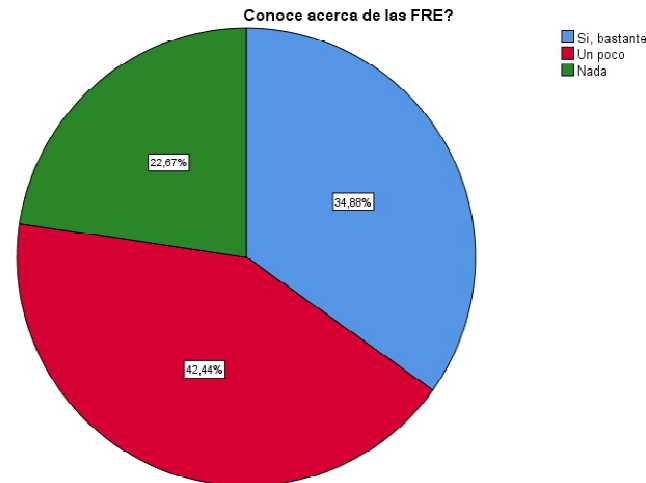


Fig. 3. Conocimiento sobre las FRE entre los pobladores rurales en Cuba. Fuente: Realización propia

Metodología participativa con consideración del contexto social para el diseño de micro redes eléctricas en Cuba

La metodología propuesta se muestra en la figura 4, para lograr un modelo de micro redes eléctricas exitoso bajo las realidades de Cuba.

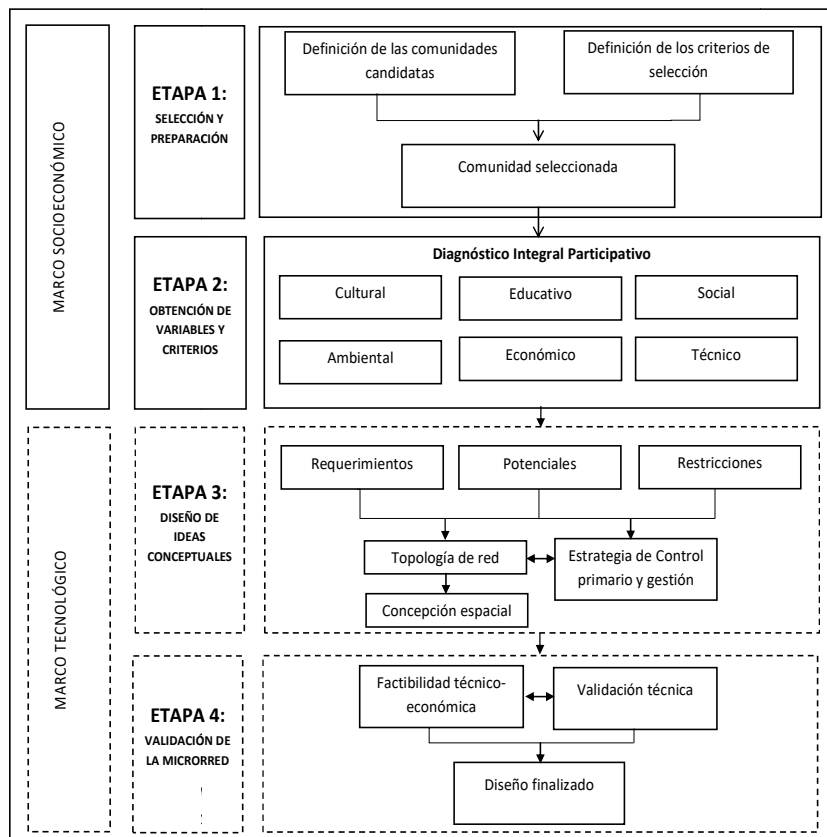


Fig.4. Metodología participativa para el diseño de micro redes eléctricas. Fuente: Realización propia

Etapla 1: Selección y preparación

Considera en primer lugar la realización de un estudio de identificación de las necesidades territoriales y nacionales en cuanto a comunidades o zonas con necesidad de intervención. Posteriormente, deben definirse los criterios técnicos, económicos, sociales y políticos que se utilizarán para realizar la selección de las zonas definitivas a intervenir, estos criterios variarán en función de las premisas y objetivos perseguidos por el proyecto específico. Algunos criterios básicos a considerar son: situación de pobreza, participación comunitaria, interés y perspectivas de desarrollo, planes de desarrollo, dimensión demográfica, condición geográfica, composición socio-cultural y potenciales energéticos.

Etap 2: Obtención de variables y criterios

Una vez finalizado el proceso de selección, se realiza un diagnóstico integral territorial y participativo en las comunidades o zonas seleccionadas que evalúe los aspectos culturales, económicos, sociales, ambientales y técnicos para identificar los requerimientos y restricciones comunitarias relevantes para el desarrollo del sistema y que podrían poner en peligro el éxito de este y que permita obtener datos fiables del estado inicial de la comunidad a intervenir. Este proceso puede llevarse a cabo mediante la aplicación de encuestas comunitarias que reflejen el estado de opinión, necesidades y añoranzas de los beneficiarios. Para caracterizar los aspectos correspondientes a la dimensión ambiental, particularmente al medio físico, se utiliza información proveniente de fuentes secundarias y organismos e instituciones de consulta en el tema, ya sea a nivel local, provincial o nacional.

Todo lo relacionado con la identificación de las dimensiones socioculturales, económico-productivas y político-administrativas, es fundamental desarrollarlas de conjunto con la comunidad y la identificación de los actores claves en cada una de las zonas a particularizar para lograr un diagnóstico integral, objetivo y completo. Como se analizó en los capítulos precedentes, el éxito real de las micro redes yace en lograr una cohesión y satisfacción con aquello que sus beneficiarios esperan y necesitan. Específicamente, para la realización de esta etapa se propone utilizar métodos y técnicas del método etnográfico, como la utilización de encuestas, entrevistas semiestructuradas como la que se muestra en el Anexo 1, talleres comunitarios y otras instancias de encuentro entre la comunidad y el equipo desarrollador del proyecto.

El estudio técnico de la comunidad, deberá definir entre otras cosas, las cargas eléctricas existentes en la comunidad, con el fin de obtener un perfil de carga que será la base del diseño de la micro red. Sin embargo, esta tarea no resulta sencilla, pues, usualmente las micro redes se implementan en lugares donde existen carencias en cuanto al acceso al servicio eléctrico, por lo que, las cargas eléctricas existentes en la comunidad antes de la implementación de las micro redes realmente no ofrecen demasiada información. Se ha encontrado que una vez establecido un servicio eléctrico de calidad y que cubra las 24 horas del día, los perfiles de demanda de las comunidades crecen hasta un 40% en los primeros 5 años de construida la micro red.

Este es un elemento a tener muy en cuenta para evitar que el proyecto caduque antes de lo previsto y necesite una repotenciación que conllevaría gastos adicionales e insatisfacciones a los pobladores. El perfil de carga característico de una comunidad rural en Cuba con 32 viviendas, una vez implementada una micro red, es equivalente a la forma del perfil de carga del SEN, comportamiento lógico si se tiene en cuenta que en Cuba el 72% de la demanda eléctrica corresponde al sector residencial. Para el cálculo de las potencias por usuario podrá utilizarse el procedimiento establecido en la NTC 2050, que se muestra en la ecuación (1). [8]. Mientras que la estimación de la demanda por usuario se realizará a partir de la energía promedio por usuario en Cuba que es de 6.53 kWh/día.

$$kVA_{Total} = F_p \cdot F_{Div} \cdot \#usuarios \cdot kVA_{usuarios} \quad (1)$$

donde:

F_p es el factor de pérdidas asumido

F_{Div} es el factor de diversidad establecido

Asimismo, deberán evaluarse los potenciales, no solamente desde el punto de vista energético sino también de capital humano. En la evaluación de los potenciales energéticos deberán definirse las posibles fuentes de generación de electricidad con las que se pudiera contar en cada zona particular, ya sean del tipo renovables o no. En la evaluación del potencial humano se persigue identificar posibles fortalezas que pudieran ser empleadas en la operación y el mantenimiento de los sistemas tecnológicos que compondrán la micro red, garantizando independencia, autogestión y sostenibilidad del sistema a implementar.

Etap 3: Diseño de ideas conceptuales

Los resultados obtenidos del diagnóstico territorial participativo permiten diseñar conceptualmente los elementos fundamentales que pudieran conformar la micro red, en concordancia con las necesidades y realidad particular de la comunidad. Así mismo, se deberá prediseñar la estrategia de control y gestión de red en estrecho vínculo con la idea conceptual de la micro red, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Topología de red

En gran medida, la complejidad de las micro redes se debe al desafío que pudiera resultar la integración en un sistema con tan poca inercia de fuentes de generación tan variadas [24]. Las Fuentes Renovables de Energía vienen a agravar este desafío, fundamentalmente las de generación intermitentes como la fotovoltaica y eólica.

Así entonces, una micro red con alta penetración de FRE resulta más compleja de controlar que una compuesta por fuentes de generación despachables como los Grupos Electr6genos, gasificadores o hidroeléctricas entre otros [25]. Así mismo, las potencias y proporciones de estas generaciones despachables y no despachables dentro de la micro red provocan distintos tipos de toma de decisiones en cuanto al control. Es por esto que es necesario definir la topología de red que se pretende implementar en la micro red, con las características de los generadores, cargas y distancias entre ellos, como se muestra en la figura 5.

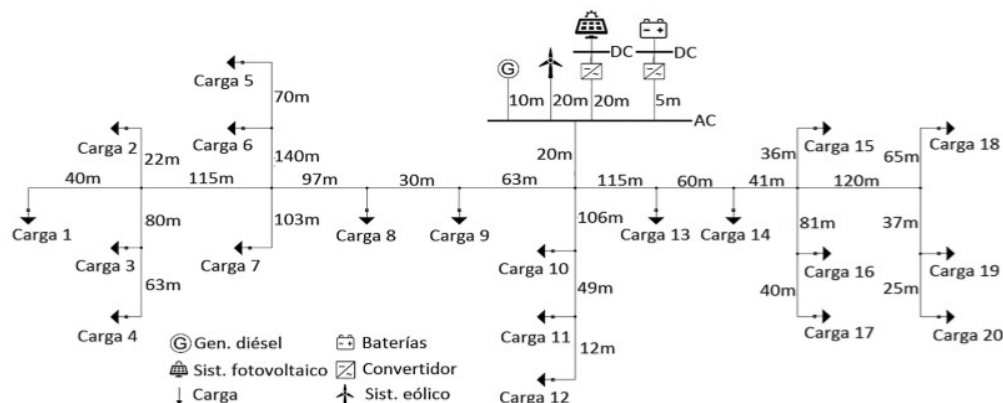


Fig.5. Topología de una microrred con consideración de las distancias. Fuente: [8]

Premisas de control primario y gestión energética

En este apartado se deberán definir las prioridades y variables a controlar según los objetivos del proyecto y los resultados del estudio integral. El objetivo del control primario es regular la tensión y frecuencia de referencia para los lazos de control internos del sistema [26]. El control primario debe tener una respuesta rápida del orden de los milisegundos o inferior, ante cualquier variación entre la generación y el consumo que pudiera provocar un desbalance en la estabilidad del sistema. Por ejemplo, la reducción o eliminación del consumo de combustible diésel podría ser una de las premisas en la gestión energética, así como la identificación de las cargas críticas y las cargas diferibles.

Características de la carga

Las características de la carga a alimentar van a definir en gran medida la sensibilidad y tipo de sistema de control. Aquellas micro redes en el que el consumo eléctrico esté compuesta netamente por cargas residenciales van a tener un comportamiento completamente diferente a aquellas en las que se incorporen cargas industriales. Estas cargas industriales usualmente demandan grandes potencias eléctricas y en sistemas pequeños y de baja inercia provocan fluctuaciones importantes en los parámetros de estabilidad de la red, obligando a los sistemas de control a actuar para contrarrestar esta perturbación. En la figura 6, se muestra que, en las cargas residenciales cubanas, el mayor uso dado a la electricidad es la iluminación de espacios y la cocción de alimentos. Este comportamiento permite predecir de cierta forma la demanda eléctrica horaria en estas comunidades, estando concentrada hacia el mediodía y el inicio de la noche, tal como ocurre en el Sistema Eléctrico Nacional.



Fig.6. Principales usos de la corriente eléctrica en las comunidades rurales cubanas. Fuente: Realización propia

Disponibilidad tecnológica

No siempre estas micro redes se construyen y diseñan con plenitud de recursos y holgados presupuestos, a la vez que algunos renglones tecnológicos se encuentran fuera de alcance por razones geopolíticas y comerciales. Por lo que, una buena estrategia sería realizar previamente un estudio de mercado para identificar los elementos con los que se pudieran contar en el parque tecnológico. Existen actualmente sistemas de control para microsistemas que permiten una autogestión total de la micro red, sin embargo, en muchos casos se deberán implementar estrategias de control basadas en tecnologías más básicas y menos autónomas.

Concepción espacial

Uno de los grandes retos contemporáneos de las tecnologías es lograr integrarse con el paisaje en el que se desenvuelven. Las micro redes eléctricas no son la excepción a este reto, más aun tratándose de entornos rurales. Así mismo, el enriquecimiento de las ideas conceptuales con resultados visuales haría mucho más fáciles de explicar las concepciones generales del proyecto a personas no especializadas en el tema. Por lo que la realización de un proyecto visual de la futura micro red permitirá una serie de resultados entre los que sobresalen:

- Aprovechamiento óptimo de los espacios, evitando hacer uso indebido de zonas comunes o terrenos productivos.
- Evitar crear barreras que agreden o modifiquen el tránsito natural por los espacios de la comunidad.
- Obtener una herramienta didáctica para exponer y explicar las ideas conceptuales a los pobladores, autoridades o patrocinadores del proyecto.

La modelación visual de la micro red puede resultar especialmente útil a la hora de diseñar los sistemas fotovoltaicos y otros aspectos tecnológicos, pudiendo realizar un análisis detallado de los perfiles de sombras, tanto de los paneles fotovoltaicos aledaños como del resto de los elementos circundantes, evitando así afectar la generación y la vida útil de estos sistemas. En la figura 7, se muestra un ejemplo de análisis visual de la proyección de sombras en un sistema fotovoltaico.

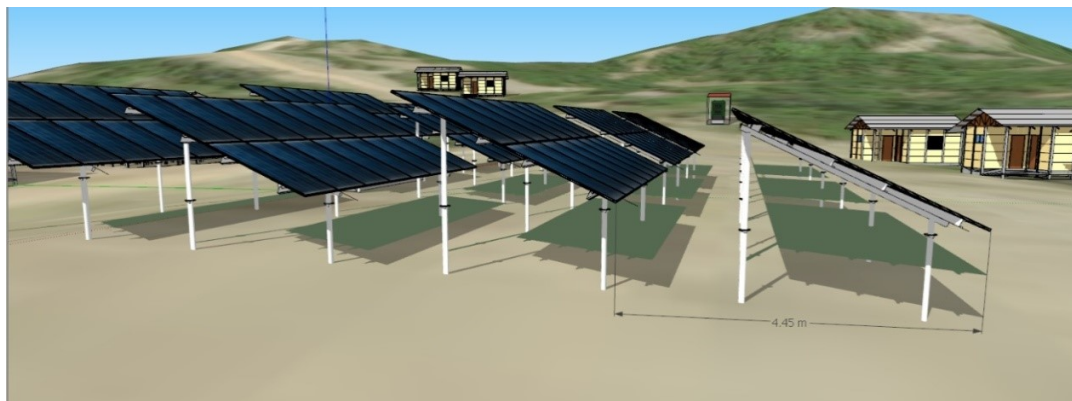


Fig.7.Análisis visual de una micro red. Fuente: Realización propia

Una vez finalizada la etapa de obtención de ideas conceptuales, este tipo de proyecto considera primordial la realimentación entre la institución u organismo que desarrolla el proyecto como agente de cambio tecnológico y la comunidad como ente receptor de este cambio, para desarrollar la capacidad de autogestión comunitaria y aprendizaje mediante un proceso de capacitación que posibilite que el proyecto sea sustentable. Así mismo, se considera beneficioso, la realización de un proceso de discusión de estas ideas conceptuales con los pobladores, en busca que lograr un profundo nivel de comprometimiento y apropiación tecnológica. Este proceso de realimentación puede realizarse mediante la realización de talleres de debate a nivel comunitario o al menos a nivel provincial, con la presencia de los actores claves por comunidad identificados durante la aplicación del Estudio Integral Participativo.

Etapas 4: Validación de la micro red

Posteriormente ha de realizarse un análisis de la factibilidad técnico-económica del modelo obtenido durante la etapa de ideas conceptuales. Este análisis pudiera realizarse con la ayuda de softwares especializados en este tema. Durante esta etapa se persigue obtener el mix de generación y acumulación de energía adecuado para que la micro red sea factible y operable. Una de las tareas más complejas en el diseño y concepción de una micro red es precisamente obtener el balance adecuado y la mezcla precisa entre las distintas fuentes de generación con las que se pudiera contar y a la vez hacer que este diseño sea rentable económicamente. Una estrategia eficaz resulta establecer un caso base o caso de partida, que resultará el reflejo del estado inicial de la comunidad obtenido durante el estudio integral. Este caso base permitirá establecer inequívocamente los ahorros o derroches en los que se estaría incurriendo con el diseño resultante.

Finalmente, una vez analizado el modelo en busca de la factibilidad técnico-económica, deberá realizarse una validación técnica de este modelo ante los distintos escenarios de operación fundamentales. Los escenarios de operación propuestos para el análisis con los siguientes:

1 Operación en condiciones nominales en horario diurno:

En este escenario se asume una demanda correspondiente al horario pico diurno de la comunidad, a la vez que los generadores fotovoltaicos se encontrarán entregando entre el 70 y 80% y su potencia nominal.

2 Operación en condiciones nominales en horario nocturno:

El sistema se simula utilizando la demanda correspondiente al pico nocturno, la generación fotovoltaica se encuentra sin producción y la alimentación de las cargas se realiza con el resto de los generadores nominales y la energía acumulada en el sistema de acumulación de energía.

3 Operación bajo avería, generadores fuera de línea:

Se utiliza la mayor demanda diaria, los generadores principales de la micro red se encuentran fuera de línea y se realiza un análisis inyectando la energía almacenada en el sistema de acumulación de energía a la red.

4 Operación bajo avería, alimentación con el generador de respaldo:

En este caso se utiliza la mayor demanda diaria, los generadores principales se encuentran fuera de línea, las baterías se encuentran descargadas y se realiza el análisis utilizando para entregar energía solamente el o los generadores de respaldo en caso de existir.

Así mismo, deberán evaluarse las tensiones en estado estable a lo largo del sistema, evaluando el flujo de potencia en cada período u hora de servicio, sobre uno o varios días que representen el comportamiento de las fuentes y la demanda a lo largo del año. Esto permitirá determinar la viabilidad operativa de la micro red. Si las caídas de tensión superan los límites establecidos en el Código Electrotécnico Cubano deberá tomarse acciones para solucionar estas deficiencias.

CONCLUSIONES

El análisis del contexto social y cultural en el que se enmarcan las micro redes eléctricas y particularmente su aplicación en el campo de la electrificación rural, permitió concebir un diseño de proyectos de innovación tecnológica desde una mirada técnica, social y cultural. Obteniendo resultados integradores, lo que forman una herramienta robusta para desarrollar futuros diseños de proyectos de esta naturaleza. La metodología propuesta fue desarrollada buscando un modelo de interacción participativa entre los diferentes actores que componen un proyecto de esta índole, enfocados al desarrollo local y al bienestar social y cuya clave es integrar a las comunidades en cada etapa del desarrollo de proyectos tecnológicos.

La funcionalidad de esta metodología para el diseño de proyectos de micro redes eléctricas ha sido probada y validada en 21 comunidades rurales a lo largo de Cuba en el marco del proyecto de colaboración internacional "Fuentes Renovables de Energía en apoyo al desarrollo local". Finalmente, en esta experiencia se valida el modelo participativo como una herramienta necesaria para desarrollar cualquier tipo de proyecto de innovación tecnológica que tenga por objetivo lograr soluciones técnicas y sociales integrales.

REFERENCIAS

- [1] A. S. Cala, "Los micro-clusters turísticos ¿Una herramienta para el desarrollo turístico en zonas rurales deprimidas? ", Semestre Económico. Oct. 2009, vol. 12, n. 24 (Edición especial), p. 12, ISSN 0120-6346. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013125003>
- [2] W. Guacaneme, *et al.* "Desarrollo de un prototipo de micro-red residencial a baja escala". TecnoL., Sep. 2018, vol. 21, n. 43, p. 107-125, DOI 10.22430/22565337.1065. ISSN 2500-5308. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3442/344256704007/html/>
- [3] X. Xia y J. Xia. "Evaluation of Potential for Developing Renewable Sources of Energy to Facilitate Development in Developing Countries". En 2010 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, mar. 2010, p. 1-3, DOI 10.1109/APPEEC.2010.5449477. ISSN 2157-4847. ISBN 978-1-4244-4812-8. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5449477>
- [4] J. D. Mina Casaran, *et al.* "Una propuesta de integración de arquitecturas de generación descentralizada en ambientes de micro-redes". Entre cienc. ing. Nov. 2017, vol. 11, n. 22, p. 9, DOI 10.31908/19098367.3544. ISSN 2539-4169. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326824889_Una_propuesta_de_integracion_de_arquitecturas_de_generacion_descentralizada_en_ambientes_de_micro-redes
- [5] R. Maskay. "Bibliographic review of control systems for micro energy networks". Maskay. 2018, vol. 8, n. 2, p. 60-66. DOI 10.24133/maskay.v8i2.971. ISSN 1390-6712. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/maskay/article/view/971>

- [6] D. Tomaskovic-Devey. "Market Concentration and Structural Power as Sources of Industrial Productivity". En Industries, Firms, and Jobs: Sociological and Economic Approaches, G. Farkas y P. England, Eds. Boston, MA:Springer US, 1988, p. 141-154, ISBN 978-1-4899-3536-6, Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-3536-6_7
- [7] V. Electrónica, "Metodología y evaluación de recursos energéticos renovables: implementación de microrredes aisladas". Visión Electrónica. 2018, vol. 12, n. 2. ISSN 1909-9746, ISSN-E 2248-4728, Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22484728.14260>
- [8] J. D. Garzón-Hidalgo y A. J. Saavedra-Montes. "Una metodología de diseño de micro redes para zonas no interconectadas de Colombia". TecnoL. May 2017, vol. 20, n. 39, p. 39-53, DOI 10.22430/22565337.687. ISSN 2500-5308. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3442/344251476002/movil/>
- [9] M. I. Zapata Cárdenas y B. E. Marín Ochoa. "Ruralidad y dispositivos móviles: apropiación social y uso de la Tableta de Información Cafetera TIC. Estudio de caso Federación Nacional de Cafeteros para Antioquia". Rev. Lasallista Investig. 2015, vol. 12, n. 2, p. 19-27, DOI 10.22507/rli.v12n2a2. ISSN 1794-4449. Disponible en: <https://investigacion.upb.edu.co/en/publications/ruralidad-y-dispositivos-m%C3%B3viles-apropiaci%C3%B3n-social-y-uso-de-la-t>
- [10] R. Madriz-Vargas. "Energía con Desarrollo en Costa Rica: 50 años de Experiencia en Electrificación Rural y Futuros Retos para Coopeguanacaste". Adaptación y traducción del inglés al español sobre el artículo presentado el 1 de Diciembre del 2016 en el Congreso Asia-Pacífico de Investigación en Energía Solar, realizado en la Australian National University, Canberra. 2017, DOI 10.13140/RG.2.2.21356.26245. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321212609_Energia_con_Developmento_en_Costa_Rica_50_anos_de_Experiencia_en_Electrificacion_Rural_y_Futuros_Retos_para_Coopeguanacaste#fullTextFileContent
- [11] J. Alaminos, E. Alcor, y M. Asensio. "Estudio sobre las Microrredes y su aplicación a proyectos de electrificación de zonas rurales aisladas". Energía sin fronteras. Agosto 2014. Disponible en: https://energiasinfronteras.org/wp-content/uploads/2020/09/Estudio-sobre-las-Microrredes-y-su-aplicacion-a-proyectos-de-electrificacion-de-zonas-rurales-aisladas_compressed.pdf
- [12] F. Canziani-Amico. "Micro-redes Eléctricas Autónomas para Usos Productivos en Zonas Rurales". 23 Simposio peruano de Energía Solar. 2016. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/micro-redes-electricas-autonomas-para-usos-productivos-en-mg-ing-franco.html?page=16>
- [13] B. Domenéch Lega. "Modelo para el diseño de proyectos de electrificación rural con consideraciones técnicas y sociales". Memoria Bruno Doménech Lega. Mar. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277042197_Modelo_para_el_diseño_de_proyectos_de_electrificación_rural_con_consideraciones_técnicas_y_sociales
- [14] S. Twomlow, et al. "RD—Rural Development: An Engineering Perspective on Sustainable Smallholder Farming in Developing Countries". Biosystems Engineering. Mar. 2002, vol. 81, p. 355-362, DOI 10.1006/bioe.2001.0031. ISSN 1537-5110. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511001900315>
- [15] M. Pereira, M. Freitas, y N. Silva. "Rural electrification and energy poverty: Empirical evidences from Brazil", Renewable and Sustainable Energy Reviews. May 2010, vol. 14, n. 2, p. 1229-1240, DOI 10.1016/j.rser.2009.12.013. ISSN 1879-0690. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032109003025>
- [16] D. Sagástegui. "La apropiación social de la tecnología. Un enfoque sociocultural del conocimiento". Razón y palabra, (Ejemplar dedicado a: V Biental Iberoamericana de la Comunicación (2/2)). Ene. 2006, n. 49, p. 113. ISSN 1605-4806. Disponible en: <http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n49/biental/Mesa%202012/DianaSagastegui.pdf>
- [17] J. F. Franco-Bermúdez y W. L. Ruiz-Castañeda. "Análisis de redes sociales para un sistema de innovación generado a partir de un modelo de simulación basado en agentes". TecnoL. Ene. 2019, vol. 22, n. 44, p. 21-44, DOI 10.22430/22565337.1183. ISSN 2500-5308. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3442/344259166003/>
- [18] M. D. Arango-Serna, et al. "Apropiación social de la ciencia y la tecnología a través de una iniciativa de intervención e inclusión educativa de niños y adolescentes de territorios vulnerables de la minería usando la robótica, como una alternativa para la construcción de la paz". Agora USB. Mar. 2020, vol. 20, n. 1, p. 190-209, DOI 10.21500/16578031.4255. ISSN 1657-8031. Disponible en: <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Agora/article/view/4255>
- [19] K. Prabakar. "Evaluation of AC Microgrid Controllers". ONREL Transforming Energy. January 2021. Disponible en: <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78911.pdf>
- [20] S. Ruiz Álvarez. et al. "Metodología para el diseño de microrredes aisladas usando métodos de optimización numérica". Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 2016. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59110>
- [21] M. S. B. Arif y M. A. Hasan. "Microgrid architecture, control, and operation", en Hybrid-Renewable Energy Systems in Microgrids, A. H. Fathima, N. Prabakaran, K. Palanisamy, A. Kalam, S. Mekhilef, y J. J. Justo, Eds. Woodhead Publishing, 2018, p. 23-37, ISBN 978-0-08-102493-5, DOI 10.1016/B978-0-08-102493-5.00002-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780081024935000029>

- [22] J. R. Alvarez, *et al.* "SmartGrid proposal in communities of Guama Municipality of Santiago de Cuba Province". Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications, 2018, vol. 04, n. 13, ed. 14, p. 61-69. ISSN 2447-0228. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325890291_SmartGrid_proposal_in_communities_of_Guama_Municipality_of_Santiago_de_Cuba_Province
- [23] J. Marqusee, S. Ericson, y D. Jenket. "Impact of Emergency Diesel Generator Reliability on Microgrids and Building-Tied Systems". Applied Energy, 2021, vol. 285, e116437. ISSN 0306-2619. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261921000052>
- [24] L.-A. Lee, *et al.* "Dynamics and Control of Microgrids as a Resiliency Source". International Transactions on Electrical Energy Systems, nov. 2020, vol. 30, n. 11, DOI 10.1002/2050-7038.12610. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2050-7038.12610>
- [25] M. Hedayatpour y A. Mirzaei. "Control Methods in Microgrids", ResearchGate. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330002459_Control_Methods_in_Microgrids
- [26] D. Li, W.-Y. Chiu, y H. Sun, "Chapter 7 - Demand Side Management in Microgrid Control Systems", en Microgrid, M. S. Mahmoud, Ed. Butterworth-Heinemann, 2017, p. 203-230, ISBN 978-0-08-101753-1, DOI 10.1016/B978-0-08-101753-1.00007-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780081017531000073>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Manuel Alejandro Soto Calvo: <https://orcid.org/0000-0003-4312-6300>

Conformación de la idea de la investigación. Recopilación de los datos necesarios. Redacción del borrador del artículo, revisión crítica de su contenido y aprobación final.

Miriam Vilaragut Llanes: <https://orcid.org/0000-0002-5453-1136>

Conformación de la idea de la investigación. Recopilación de los datos necesarios. Redacción del borrador del artículo, revisión crítica de su contenido y aprobación final.

Miguel Castro Fernández: <https://orcid.org/0000-0002-3983-469X>

Redacción del borrador del artículo, revisión crítica de su contenido y aprobación final.

ANEXO 1. ENCUESTA APLICADA DURANTE EL PROYECTO PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS

1. Nombre de la Comunidad		1.2 Municipio		1.3 Provincia	
4. Años de fundada:		1.5 La población en los últimos 5 años: ☐ sigue igual ☐ aumenta: Causa: ☐ disminuye: Causa		1.6 Perspectiva de crecimiento futuro: ☐ Sí ☐ No	
7. Estructura productiva a la que pertenece					
CPA		☐ CCS		☐ CCSF	
		☐ UBPC		☐ Granja	
				☐ Otra	
8. Ubicación de la comunidad (mapa, coordenadas o referencias para localizarla)					
Latitud:		Longitud:		Altitud(m):	
				Poblado cercano a (km)	
9. Total de viviendas asentadas:		1.10 Cantidad de habitantes:			
Viviendas concentradas:		*Radio en que se encuentran las concentradas(km)			
Viviendas alejadas:		*Distancia hasta la más lejana (km)			
Esquema de ubicación y fotos (anexar croquis de la ubicación de las viviendas y los centros de servicios a la comunidad)					
Los datos se obtienen del mapeo de la comunidad					
11. Antecedentes de trabajo con proyectos: ☐ No ☐ Sí ¿Cuál? Fecha:					
I. Datos socioeconómicos de la comunidad					
1. Actividades económicas fundamentales que se realizan en la comunidad					
Ganadería: Mayor ☐ Menor		Cafetalera		Pesquera	
				☐ Cuenta propia ¿Cuáles?	
Cañera		☐ Cacao		☐ Cultivos varios ¿Cuáles?	
Forestal		☐ Apicultura		☐ Artesanía	
		☐ AgroTurismo		☐ Minería	
				☐ Otras ¿Cuáles?	
2. Clasificación de las producciones					
Recolección		☐ Almacenaje		☐ Procesamiento	
				☐ Comercialización	
				☐ Autoconsumo	
3. Alcance de las producciones:					
Internacional		☐ Nacional		☐ Provincial	
		☐ Municipal		☐ Local	
				☐ Familiar	
4. Perspectiva de desarrollar miniindustria de elaboración y procesamiento: ☐ No ☐ Sí ¿Cuál?					
II. Datos del Sistema de Electrificación de la comunidad					
1. Sistema de Electrificación que posee la comunidad					
Aerogenerador		Marca/Modelo		Estado técnico ☐ B ☐ R ☐ M	
				Horas/días de servicio: _____ h	
				Energía generada: _____ kWh	
				Tpo de explotación: _____ años	
Hidroeléctrica		Marca/Modelo		Estado técnico ☐ B ☐ R ☐ M	
				Horas/días de servicio: _____ h	
				Energía generada: _____ kWh	
				Tpo de explotación: _____ años	
Módulo FV		Marca/Modelo		Estado técnico ☐ B ☐ R ☐ M	
				Horas/días de servicio: _____ h	
				Energía generada: _____ kWh	
				Tpo de explotación: _____ años	
Baterías		Marca/Modelo		Estado técnico ☐ B ☐ R ☐ M	
				Horas/días de servicio: _____ h	
				Energía generada: _____ kWh	
				Tpo de explotación: _____ años	
Grupo electrógeno		Marca/Modelo		Estado técnico ☐ B ☐ R ☐ M	
				Horas/días de servicio: _____ h	
				Energía generada: _____ kWh	
				Tpo de explotación: _____ años	
Consumo de combustible:		Acceso de suministro combustible: ☐ B ☐ R ☐ M		Estado técnico red eléctrica ☐ B ☐ R ☐ M	
				Distancia del SEN	
				Demanda eléctrica actual: *Se obtiene de la aplicación del cuestionario ONURE	
Metros del secundario:		Cantidad de postes:		Cantidad de servicios:	
Estado del secundario: ☐ B ☐ R ☐ M		Estado de los postes: ☐ B ☐ R ☐ M		Estado: ☐ B ☐ R ☐ M	
2. Protección del sistema. Se encuentra preservada la instalación de:					
Descargas atmosféricas Si ☐ No ☐		Intemperie Si ☐ No ☐		Personal ajeno Si ☐ No ☐	
				Iluminación Si ☐ No ☐	
				Condiciones ☐ B ☐ R ☐ M	
3. Mantenimiento del sistema					
Existe plan de mantenimiento Si ☐ No ☐		*Tipo de plan ☐ Predictivo ☐ Preventivo ☐ Correctivo		Frecuencia de mantenimiento ☐ Anual ☐ Semestral ☐ Trimestral	
				Personal que lo realiza ☐ EMER ☐ OBE Provincial ☐ OBE Municipal	

		☐ Mensual		☐ Operador de la Comunidad	
4 En caso de existir un operador del sistema en la comunidad					
H ☐ M ☐	Recibe salario ☐ No ☐ Sí ¿Cuánto?	Fue capacitado: ☐ Sí ☐ No	Posee manuales: ☐ Sí ☐ No	Posee herramientas: ☐ Sí ☐ No	
5 Comunicación con la empresa encargada del control de la instalación: ☐ B ☐ R ☐ M					
6 Usos de la energía en la comunidad (si cuentan con sistema eléctrico)					
Doméstico		Servicios básicos comunitarios: ☐ Salud ☐ Escuela ☐ Alumbrado público ☐ Telecomunicaciones ☐ Bombeo de agua ☐ Recreación ☐ Otros ¿Cuáles?		Productivos: ☐ Bombeo de agua ganadero ☐ Maquinaria agrícola o artesanal ☐ Otros ¿Cuáles?	
Aplicar Anexos 2 y 3 del diagnóstico energético de la ONURE					
V. Datos sobre los potenciales de FRE en la comunidad					
1 Potenciales de FRE existentes en la comunidad* (Contrastar datos con Meteorología)					
Eólica (velocidad media m/s)	☐ Solar (Gasoleo mínimo)	☐ Hidroenergía (saltom, caudal)		Otras ¿Cuáles?	
(Indicar en la ☐ M si hay mucho, ☐ P si hay poco ☐ N si no hay)					
Residuos pecuarios: Vacunos ☐ Porcinos ☐ Equinos Avícolas ☐ Cunicolas ☐ Ovinos Caprinos ☐ Otros ¿Cuáles?		☐ Residuos forestales ¿Cuáles?:		☐ Agro-Industriales ¿Cuáles?	
☐ Residuos Sólidos					
Observaciones: Si la biomasa producida es mucha. Ubicación aproximada del potencial principal y capacidad productiva					
2 Posibilidades de contar con personal para operación y mantenimiento de soluciones tecnológicas de FRE ☐ No ☐ Sí					
Quiénes?:					
Nombre de la persona	Edad	Sexo	Color piel	Nivel escolar	Ocupación
VI. Datos sobre los servicios sociales en la comunidad					
1 Acceso a servicios sociales dentro de la comunidad					
Escuela	☐ CMF u otro ☐	☐ Mercado. Tipo:	☐ Panadería	☐ Peluquería/Barbería	Comunicaciones: ☐ Telf. público ☐ Telf. móvil ☐ Internet ☐ Prensa ☐ Radio ☐ TV
Círculo social	☐ Círculo infantil	☐ Hogar de Ancianos o discapacitados	☐ Abastecimiento de agua potable	☐ Tto. Residuales	
Transporte ¿Cuáles?	☐ Campos deportivos	☐ Otros ¿Cuáles?			
2 Programas sociales que se desarrollan en la comunidad					
PAE	☐ Plan Turquino	☐ Educa a tu hijo	☐ Cultural	☐ Deportivo	☐ PAMI
I. Datos sobre las actividades sociopolíticas y culturales en la comunidad					
1 Identidad comunitaria					
Fiestas comunales	☐ Carnavales	☐ Actividades deportivas	☐ Religiosas	☐ Rodeos	
Patrimonio natural y/o cultural ¿Cuál?:		Organizaciones sociopolíticas vigentes ☐ CDR ☐ FMC ☐ PCC ☐ ANAP		Otras ¿Cuáles?	
2 Detallar recursos energéticos que utilizan durante las actividades					
Diésel	☐ Grupo electrógenos	☐ Refrigeración	☐ Cocción	☐ Iluminación	
3 Existen personas emprendedoras en la comunidad: ☐ No ☐ Sí ¿Qué hacen?					
4 Existe alguna persona de la comunidad que tenga cargo en el gobierno: ☐ No ☐ Sí (definir H o M) ¿Cuál?:					
Parlamento nacional	☐ Gobierno provincial	Gobierno municipal	☐ Consejo Popular	Delegado Circunscripción	
5 Participan más en la solución de los problemas de la comunidad:					
Los hombres	☐ Los jóvenes		☐ Los trabajadores		
Las mujeres	☐ Los adultos		☐ Los desempleados y no trabajadores		
Por igual hombres y mujeres	☐ Por igual jóvenes y adultos		☐ Por igual ambos		
No participan	☐ No participan		☐ No participan		
II. Percepción medioambiental de la comunidad					
1 Formación medioambiental					

1.1 Existe entre los miembros de la comunidad interés por los temas medioambientales: ☐ Sí ☐ No					
1.2 Han recibido información medioambiental: ☐ No ☐ Sí ¿ Por cuáles vías?:					
Radio y TV	☐ Prensa	☐ Escuela	☐ Amigos	☐ Cursos y Talleres	☐ Otras
2 Visión del medio ambiente					
2.1 Principales problemas del medio ambiente que afectan la comunidad					
Criterios		Valoraciones			
		Alto	Bajo	No	
Contaminación de agua potable					
Contaminación del agua					
Degradación de los suelos					
Deforestación					
Contaminación del aire					
Sobre explotación de recursos naturales					
Mal manejo de residuos sólidos (basura)					
Pérdida del patrimonio natural					
Pérdida del patrimonio cultural					
Disminución de especies vegetales					
Disminución de especies animales					
Problemas climatológicos					
Calidad de vida					
Acceso a la energía eléctrica					
Insuficiente educación ambiental					
3 Responsabilidad ambiental					
3.1 ¿Quiénes generan problemas ambientales en la comunidad?					
Agricultura	☐ Industria	☐ Familias	☐ Personas	☐ Otras ¿Cuáles?	
3.2 ¿Quiénes son los responsables de atender los problemas ambientales de la comunidad?					
Quién lo genera	☐ Gobierno local	☐ CITMA	☐ Comunidad	☐ Nadie	
III. Percepción social sobre las FRE					
1 ¿Tienen conocimientos acerca de las FRE? ☐ No ☐ Sí ¿Cuáles?					
2 Considera que el empleo de FRE le ofrecerá beneficios a su comunidad: ☐ No ☐ Sí					
3 Principales aplicaciones y beneficios que las tecnologías para FRE podrían aportar a su comunidad					
Beneficios		Valoraciones			
		Mucho	Poco	Nada	
Tratamiento de residuos orgánicos					
Aplicaciones en la agricultura					
Generación de energía					
Opción de alimentos					
Innovaciones locales (Agroecología)					
Cambios en la estructura socioproductiva					
Fuente de empleo					
Perspectiva de orientación profesional para jóvenes y niños					
4 Barreras que limitan el desarrollo de tecnologías para FRE en su comunidad					
Criterios		Valoraciones			
		Sí	No	No sé	
Desconocimiento de las tecnologías					
Limitada infraestructura local					
Falta de apoyo gubernamental					
Falta de recursos y presupuesto					
Falta de participación de la población en la toma de decisiones					
Otras ¿Cuáles?					