

Innovación energética en Puebla: modelo de microrred comunitaria con enfoque sostenible.

Integrantes del Equipo:

- Andrik Arrezola Juárez. 187904.
- Fernando Mendiola Gallardo. 187534.
- Miguel Ángel Villamizar Aray. 186610.
- Emilio Reyes Torres. 187242.
- Diego Malpica Delgado. 187636.

Fecha de entrega: 28/11/25

Materia: Cultura Digital.

Innovación energética en Puebla: modelo de microrred comunitaria con enfoque sostenible.

El acceso a la energía eléctrica es uno de los requisitos más importantes para el desarrollo humano en el siglo XXI. Sin electricidad confiable es prácticamente imposible garantizar educación de calidad, servicios de salud continuos, actividades productivas modernas, procesos de comunicación eficientes y, en general, una vida digna acorde con las necesidades del mundo actual. La energía se ha convertido en la base silenciosa que sostiene desde las tareas cotidianas más simples hasta los procesos industriales y tecnológicos más complejos. Por ello, cuando una comunidad carece de un suministro eléctrico estable, suficiente y asequible, no solo se enfrenta a una carencia técnica, sino a una forma específica de exclusión social que la limita en términos económicos, educativos, sanitarios y culturales.

En México, las cifras oficiales suelen subrayar que la cobertura eléctrica supera el 97 por ciento del territorio nacional. Sin embargo, diversos diagnósticos advierten que esta cifra no refleja con precisión la experiencia real de muchas localidades rurales y semiurbanas. En la práctica, hay comunidades que figuran como “electrificadas” en las estadísticas, pero que sufren apagones frecuentes, baja calidad del voltaje, falta de mantenimiento, infraestructura envejecida y elevados costos asociados al uso de combustibles alternativos. Estas condiciones provocan lo que la literatura especializada denomina pobreza energética, es decir, la incapacidad de los hogares para acceder a la energía necesaria para satisfacer sus necesidades básicas sin comprometer otros aspectos esenciales de su bienestar.

El estado de Puebla constituye un ejemplo claro de estas tensiones entre cobertura formal y acceso efectivo. Regiones como la sierra norte, la mixteca y la sierra negra concentran múltiples comunidades donde la geografía montañosa, la dispersión de viviendas, las limitaciones presupuestales y la falta de inversión sostenida han derivado en servicios eléctricos inestables. En estas zonas, muchas familias

dependen del gas LP, la leña y los generadores diésel para iluminar sus hogares, cocinar, conservar alimentos o hacer funcionar pequeños aparatos eléctricos. Este modelo no solo es costoso para quienes cuentan con ingresos limitados, sino también ambientalmente insostenible, dado que incrementa las emisiones contaminantes y afecta la salud de las personas que conviven con humo y partículas nocivas.

La importancia de enfrentar este problema está directamente vinculada con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7), que propone garantizar el acceso a una energía asequible, segura, moderna y sostenible para todas las personas. La Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), a través de artículos académicos disponibles en su biblioteca digital, ha reflexionado de manera crítica sobre la transición energética en México. En textos como “Generación distribuida como factor de transición entre energías fósiles y energías renovables” se sostiene que la descentralización de la generación energética, la participación activa de las comunidades y la incorporación de tecnologías limpias son elementos indispensables para avanzar hacia un modelo más equitativo y sustentable. Asimismo, estudios sobre marcos regulatorios de redes eléctricas inteligentes subrayan la necesidad de crear instrumentos que faciliten el surgimiento de soluciones locales capaces de complementar o sustituir, cuando sea necesario, a la red convencional de gran escala.

En paralelo, el Banco de Proyectos de la Red de Desarrollo Sostenible de México (SDSN México) plantea iniciativas concretas que ejemplifican cómo la tecnología, la participación social y la sostenibilidad pueden integrarse en proyectos comunitarios. El proyecto “Agua salubre para todos”, si bien centrado en el acceso a agua segura, comparte principios metodológicos que pueden adaptarse al ámbito energético: la importancia del diagnóstico participativo, la apropiación social de la tecnología, el uso de herramientas digitales para monitoreo, la capacitación local y la construcción de modelos de gobernanza que fortalezcan la autonomía comunitaria. Estos

elementos sirven de referente conceptual para el diseño de una microrred inteligente en una comunidad rural de Puebla.

La propuesta que se presenta a continuación, basada en el documento original de “Innovación energética en Puebla: modelo de microrred comunitaria con enfoque sostenible” y ahora significativamente ampliada, plantea el desarrollo de una microrred inteligente que combine generación solar fotovoltaica, sistemas de almacenamiento en baterías, monitoreo digital mediante tecnologías IoT y un esquema de gestión comunitaria. El objetivo es ofrecer una respuesta integral al problema de la pobreza energética en una comunidad rural, atendiendo al mismo tiempo dimensiones técnicas, sociales, económicas, ambientales y digitales. Más que un proyecto aislado, se plantea un modelo replicable que pueda convertirse en referencia para otras comunidades del estado de Puebla y de la República Mexicana.

La situación energética de Puebla, especialmente en sus regiones rurales, no puede comprenderse sin considerar la interacción entre geografía, políticas públicas, desigualdad histórica y cambios globales en el entorno energético. En la sierra norte, por ejemplo, abundan localidades ubicadas en laderas y barrancas donde la orografía complica la instalación y el mantenimiento de líneas de transmisión. En muchos casos, el tendido eléctrico recorre grandes distancias desde subestaciones alejadas, de modo que las pérdidas técnicas aumentan, las fallas son frecuentes y los costos por reparación se elevan. Las comunidades que se encuentran al final de estas líneas suelen experimentar cortes prolongados, variaciones de voltaje y una sensación permanente de precariedad energética.

Desde la perspectiva social, esta realidad tiene consecuencias profundas. Una escuela que no cuenta con suministro eléctrico estable difícilmente puede incorporar herramientas de aprendizaje digital, como computadoras, proyectores, pizarras

electrónicas o acceso a plataformas en línea. El alumnado crece en un contexto donde la tecnología es más un concepto abstracto que una herramienta cotidiana, lo que limita su preparación para un mercado laboral cada vez más digitalizado. En los centros de salud, la falta de energía continua imposibilita la refrigeración adecuada de medicamentos y vacunas, compromete la operación de equipos básicos y restringe la atención en horarios nocturnos. Incluso actividades tan sencillas como iluminar una sala de espera o encender un ventilador pueden volverse problemáticas.

La pobreza energética también afecta la esfera económica. La ausencia de energía confiable impide que pequeños talleres de carpintería, herrería, panaderías, cocinas económicas o negocios de servicios puedan funcionar de forma continua. Muchos emprendedores rurales se ven obligados a depender de generadores diésel, que requieren combustible constante, mantenimiento frecuente y representan un gasto significativo. Estos costos se trasladan al precio final de los productos y servicios, lo que reduce la competitividad de los negocios locales frente a proveedores de zonas mejor dotadas de infraestructura. La combinación de baja competitividad, ingresos limitados y falta de oportunidades genera un círculo de estancamiento difícil de romper.

Dentro de este panorama, la propuesta de una microrred inteligente se presenta como una estrategia capaz de transformar la relación de la comunidad con la energía. A diferencia de los modelos tradicionales basados exclusivamente en la expansión de la red eléctrica centralizada, la microrred parte de la idea de generar y gestionar la energía localmente. De acuerdo con el documento base, la microrred propuesta se compone de paneles solares fotovoltaicos con una capacidad aproximada de 50 kilovatios, conectados a un sistema de baterías de litio de alrededor de 100 kilovatios hora. Este conjunto permitiría abastecer las necesidades energéticas de unas cincuenta viviendas, además de una escuela, un centro comunitario y un consultorio de salud.

La elección de la energía solar no es casual. Puebla se caracteriza por tener una radiación solar diaria promedio superior a los cinco kilovatios hora por metro cuadrado, lo que lo sitúa entre los estados con mejores condiciones para la generación fotovoltaica. Esta ventaja natural hace que la inversión en paneles solares sea especialmente atractiva, ya que el recurso solar es abundante, predecible y no genera emisiones contaminantes durante su operación. Investigaciones de la UDLAP sobre sistemas fotovoltaicos autónomos en la Sierra Norte de Puebla muestran que, cuando se dimensionan correctamente y se acompañan de estrategias de mantenimiento y gestión adecuadas, estos sistemas logran ofrecer un suministro confiable y económicamente competitivo en comparación con el uso de combustibles fósiles.

El componente de almacenamiento mediante baterías es crucial para garantizar la continuidad del servicio, especialmente durante la noche, en días nublados o en situaciones de fallo temporal en la generación. Las baterías permiten almacenar el excedente de energía producido durante las horas de mayor radiación solar para utilizarlo en los momentos de mayor demanda o cuando la producción disminuye. De esta forma, se mitiga una de las principales críticas que históricamente se han hecho a las energías renovables variables: la intermitencia. Con almacenamiento adecuado, la microrred puede ofrecer estabilidad y programabilidad, dos características fundamentales para que la comunidad confíe en el sistema y lo integre plenamente en su vida cotidiana.

Sin embargo, lo que convierte a esta propuesta en una verdadera innovación digital es la incorporación de un sistema de monitoreo y control basado en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) y plataformas de análisis de datos. Sensores instalados en puntos clave de la infraestructura registran información en tiempo real sobre la generación de energía, el estado de carga de las baterías, el consumo comunitario,

las variaciones de voltaje y posibles fallas. Esta información se centraliza en una plataforma digital accesible tanto para el comité de gestión comunitaria como para usuarios clave de la comunidad. A través de una interfaz amigable, pueden visualizarse gráficos de consumo diario, semanal y mensual, así como indicadores de eficiencia del sistema.

La digitalización no solo cumple una función técnica, sino también pedagógica y social. Al hacer visibles los flujos de energía, la comunidad desarrolla una conciencia más clara sobre cómo, cuándo y para qué utiliza la electricidad. Esto puede traducirse en hábitos de consumo más responsables, en decisiones informadas sobre la priorización de ciertos usos y en una mayor valoración del recurso. Además, el uso de algoritmos para analizar patrones de consumo y generación permite anticipar picos de demanda o caídas de producción, lo que posibilita ajustar la operación para minimizar riesgos de sobrecarga o subabastecimiento.

Esta lógica de monitoreo y participación digital guarda similitudes con el enfoque del proyecto “Agua salubre para todos” del Banco de Proyectos de SDSN México, donde se promueven sistemas de agua potable con monitoreo continuo, participación comunitaria y capacitación local. En ambos casos, el objetivo no es simplemente instalar una infraestructura técnica, sino construir una capacidad social para operar, supervisar y sostener el sistema en el tiempo. Las experiencias recogidas en el ámbito del agua muestran que, cuando las comunidades se apropian de la tecnología y comprenden su funcionamiento, las probabilidades de éxito a largo plazo aumentan significativamente. Trasladar esta lógica al campo energético implica apostar por un modelo de desarrollo donde la población rural no sea un sujeto pasivo que recibe servicios desde fuera, sino un actor que co-diseña, gestiona y mejora su propia infraestructura.

La dimensión económica del proyecto también merece un análisis detallado. La inversión inicial, estimada en 4.25 millones de pesos, puede parecer elevada en un primer vistazo, pero debe analizarse a la luz de los beneficios de largo plazo. Estudios de la UDLAP indican que la generación distribuida basada en renovables puede reducir el gasto energético de las comunidades rurales entre un treinta y un cuarenta por ciento frente a un esquema basado en combustibles fósiles y tarifas convencionales. Si se considera que las familias rurales destinan una proporción considerable de sus ingresos al pago de gas LP, diésel, velas y otros insumos, el ahorro acumulado a lo largo de varios años puede ser muy significativo. Además, existen potenciales fuentes de financiamiento como programas gubernamentales, fondos climáticos, cooperación internacional y esquemas de inversión social que podrían apoyar proyectos de este tipo.

El retorno de inversión, estimado entre ocho y doce años, se sustenta en el ahorro de costos, la reducción de pérdidas por transmisión, la disminución de gastos por mantenimiento de redes largas y la posibilidad de que la comunidad genere excedentes de energía en determinados momentos. A mediano plazo, la estabilidad energética también puede traducirse en un incremento de ingresos locales debido a la creación de nuevos negocios, la mejora de la productividad y la ampliación de horarios laborales. Un taller de costura, por ejemplo, podría operar maquinaria eléctrica sin temor a interrupciones; una panadería podría hornear en horarios variados; un pequeño cibercafé local podría ofrecer servicios de impresión, conexión a internet y trabajo remoto. Todo ello fortalece la economía comunitaria y reduce la necesidad de emigrar a ciudades más grandes en busca de oportunidades.

Para que la microrred inteligente pueda llevarse a cabo con solidez y permanencia, el proyecto requiere apoyos específicos que aseguren su implementación técnica, social y financiera. En primer lugar, será indispensable contar con respaldo institucional del gobierno estatal y municipal, ya que estos organismos pueden

facilitar permisos, acompañamiento técnico, vinculación con programas energéticos y acceso a fondos de transición energética. También se necesita financiamiento mixto que permita cubrir los costos iniciales de infraestructura, adquisición de paneles solares, baterías y sistemas de monitoreo digital, así como los gastos asociados a estudios de factibilidad y capacitación comunitaria. Por otro lado, la colaboración con instituciones académicas como la UDLAP resulta esencial, pues pueden aportar conocimiento técnico, asesoría en diseño, capacitación continua y evaluación del desempeño energético a lo largo del tiempo. Finalmente, el apoyo de la propia comunidad es fundamental: su participación en comités, en procesos de apropiación tecnológica y en tareas de operación garantiza que la microrred evolucione de manera sostenible y se adapte a las necesidades reales del entorno.

En el ámbito social, la microrred inteligente tiene el potencial de modificar de manera profunda la vida cotidiana de la comunidad. Las escuelas con acceso estable a energía pueden transformar su modelo pedagógico, incorporando recursos audiovisuales, laboratorios de cómputo y programas de aprendizaje en línea. Los centros comunitarios pueden organizar actividades culturales nocturnas, proyecciones, talleres de formación técnica y espacios de reunión seguros e iluminados. El centro de salud puede trabajar con mayor seguridad, asegurando la cadena de frío de vacunas y medicamentos, manteniendo lámparas en áreas de atención nocturna y utilizando equipo médico básico sin dependencias de generadores ruidosos y costosos.

Desde la perspectiva ambiental, la sustitución gradual del uso de generadores diésel y el menor consumo de gas LP contribuyen a disminuir emisiones de dióxido de carbono y otros contaminantes. La quema de combustibles fósiles en pequeñas escalas puede parecer insignificante en términos globales, pero su impacto en la calidad del aire local y en la salud de quienes están expuestos es considerable. Al promover un modelo de energía limpia basado en la radiación solar, la microrred

contribuye tanto a la mitigación del cambio climático como a la mejora de la salud pública.

Por otra parte, la propuesta incorpora un enfoque de derechos humanos que ha sido subrayado por la UDLAP en textos como “El uso de la energía eléctrica es un derecho humano”. Desde esta perspectiva, el acceso a la electricidad no se entiende solo como un servicio comercial, sino como una condición para ejercer otros derechos básicos, como la educación, la salud, la comunicación y la participación social. En ese sentido, la microrred comunitaria no es simplemente un proyecto técnico, sino una intervención orientada a reducir desigualdades y a fortalecer la equidad social. Al garantizar que la comunidad disponga de energía moderna y sostenible, se crean condiciones para que las personas puedan desarrollar sus capacidades, acceder a información, organizarse colectivamente y construir proyectos de vida más amplios.

Finalmente, es importante destacar el potencial de replicabilidad y escalabilidad del modelo. El proyecto piloto en una comunidad rural de Puebla puede convertirse en un laboratorio vivo de innovación social y tecnológica. Los aprendizajes obtenidos en la fase de diseño, instalación, operación y mantenimiento pueden documentarse y transformarse en manuales, guías y protocolos que faciliten la aplicación del modelo en otras comunidades con condiciones similares. Con el tiempo, podría formarse una red de microrredes comunitarias en diferentes regiones del estado, creando sinergias y espacios de cooperación entre comunidades. La digitalización del sistema permite que estas microrredes compartan información, indicadores, buenas prácticas y, eventualmente, mecanismos de intercambio energético.

La microrred inteligente propuesta para una comunidad rural de Puebla representa mucho más que un conjunto de paneles solares y baterías conectados a una plataforma digital. Se trata de una estrategia integral de innovación energética y

social que aborda de manera simultánea dimensiones técnicas, económicas, ambientales y humanas. Al articular los aprendizajes académicos de la UDLAP, los lineamientos del ODS 7 y las metodologías del Banco de Proyectos de SDSN México, particularmente el enfoque comunitario y sostenible de iniciativas como “Agua salubre para todos”, el proyecto se sitúa en la intersección entre conocimiento, tecnología y justicia social.

Esta propuesta reconoce que la pobreza energética no es solo la ausencia de cables o transformadores, sino una expresión de desigualdad estructural que limita las oportunidades de miles de personas. Frente a ello, la microrred comunitaria ofrece una respuesta basada en energías renovables, gestión digital, participación comunitaria y fortalecimiento de capacidades locales. La energía deja de ser un recurso lejano administrado desde centros urbanos o instancias ajenas a la comunidad, para convertirse en un bien gestionado colectivamente, entendido, valorado y defendido por quienes lo utilizan.

El estado de Puebla dispone de una combinación especialmente favorable de recursos naturales, universidades de alto nivel y comunidades con una fuerte identidad social. Aprovechar esta combinación para impulsar proyectos de microrredes inteligentes implica apostar por una transición energética justa, en la que los beneficios de la modernidad tecnológica lleguen también a las regiones históricamente marginadas. La propuesta aquí desarrollada, ampliamente extendida respecto al documento original, ofrece un camino concreto para avanzar en esa dirección. En última instancia, plantea una visión en la que las comunidades rurales de Puebla no solo tengan acceso a energía moderna y sostenible, sino en la que sean reconocidas como protagonistas de la construcción de un futuro más equitativo, resiliente e inclusivo.

Fuentes bibliográficas.

- SDSN México. (s. f.). *Agua salubre para todos* [Banco de proyectos: Comunidades sostenibles y bienestar social]. Red de Desarrollo Sostenible México. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://sdsnmexico.mx/banco-de-proyectos/comunidades-sostenibles-y-bienestar-social/agua-salubre-para-todos>
- SDSN México. (s. f.). *Comunidades sostenibles y bienestar social* [Banco de proyectos]. Red de Desarrollo Sostenible México. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://sdsnmexico.mx/iniciativas/banco-de-proyectos/comunidades-sostenibles-y-bienestar-social/>
- Díaz Martínez, A., & Bañuelos Sánchez, P. (2024). *Generación distribuida como factor de transición entre energías fósiles y energías renovables*. Revista Entorno UDLAP (23). Universidad de las Américas Puebla. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://entorno.udlap.mx/generacion-distribuida-transicion-energias-fosiles-y-renovables/>
- Lopez Tort, I. P., & Bañuelos Sánchez, P. (2025). *Revisión del marco regulatorio de la generación distribuida y las redes eléctricas inteligentes en México*. Revista Entorno UDLAP (24). Universidad de las Américas Puebla. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://entorno.udlap.mx/marco-regulatorio-generacion-distribuida-redes-electricas-inteligentes-mexico/>
- Espinoza Monroy, E. (2017, 7 febrero). *El uso de la energía eléctrica es un derecho humano*. Contexto UDLAP. Universidad de las Américas Puebla. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://contexto.udlap.mx/el-uso-de-la-energia-electrica-es-un-derecho-humano/>
- Oropeza Pérez, I. (2017, 5 junio). *Los edificios como generadores de recursos*. Contexto UDLAP. Universidad de las Américas Puebla. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://contexto.udlap.mx/los-edificios-como-generadores-de-recursos/>
- Universidad de las Américas Puebla. (2011, 15 junio). *La UDLAP pone en marcha proyecto de Energías Renovables en Santa Isabel Cholula*. Blog UDLAP. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://blog.udlap.mx/blog/2011/06/15/laudlapponeenmarchaprojectodeenergiasrenovablesensantaisabelcholula/>
- Universidad de las Américas Puebla. (2017, 19 diciembre). *Egresados UDLAP ahorran con energía solar 98% de facturas de energía eléctrica*. Blog UDLAP. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://blog.udlap.mx/blog/2017/12/19/egresadosudlapahorranconenergiasolar/>
- Universidad de las Américas Puebla. (2009). *Generador solar de energía eléctrica a 200 W* [Tesis de licenciatura]. Repositorio digital UDLAP (Catarina). Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/juarez_s_eu/
- Gobierno del Estado de Puebla. (2024). *Estrategia de eficiencia y transición energética del Estado de Puebla*. Secretaría de Planeación y Finanzas / Gobierno de Puebla. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de <https://planeader.puebla.gob.mx/programasEstatales/estrategia-de-eficiencia-y-transicion-energetica-del-estado-de-puebla20241209193427.pdf>
- Agencia de Energía del Estado de Puebla. (2021). *El bienestar energético de Puebla*. Agencia de Energía del Estado de Puebla. Consultado el 20 de noviembre de 2025. Recuperado de https://agenciadeenergia.puebla.gob.mx/images/docs/Bienestar_Energico_del_Estado_de_Puebla.pdf