

Generación Distribuida de Energía en México: Oportunidades para el Bienestar y la Equidad Energética

Dr. Rafael González

www.rafaelgonzalez.info

Contenido

Resumen.....	2
Introducción.....	3
Capacidad instalada de Generación Distribuida vs consumo eléctrico por tarifas de hogar.....	5
Capacidad instalada de Generación distribuida vs Porcentaje de ocupantes sin energía eléctrica.....	9
Capacidad instalada de Generación distribuida vs consumo eléctrico para riego y bombeo agrícola.....	12
Capacidad instalada de Generación distribuida vs tarifa de alto consumo.....	15
Capacidad instalada de Generación distribuida vs Población ocupada con ingresos menores a dos salarios mínimos.....	17
Conclusión	19

Citar como: González-López, R. (2023). Generación Distribuida de Energía en México: Oportunidades para el Bienestar y la Equidad Energética. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10028231>

Resumen

En este documento se explora la relación entre la Generación Distribuida de energía y diversos indicadores socioeconómicos en diferentes municipios. A través de varios análisis, el análisis muestra patrones interesantes y oportunidades para mejorar el bienestar y la equidad energética en México.

Introducción: El estudio aborda cómo la Generación Distribuida puede contribuir al bienestar al responder a las necesidades energéticas en contextos de climas extremos, variables socioeconómicas y áreas con acceso limitado a la electricidad.

Capacidad instalada vs. consumo eléctrico en hogares: Se observa que la capacidad de Generación Distribuida no siempre coincide con altos consumos eléctricos debidos al aire acondicionado. La expansión de esta generación en zonas con demanda de climatización puede aliviar la red eléctrica y promover fuentes limpias.

Capacidad instalada vs. porcentaje de ocupantes sin energía eléctrica: Existe una relación directa entre la falta de acceso a la electricidad y la capacidad limitada de Generación Distribuida. Ampliar esta capacidad en áreas con acceso limitado no solo puede mitigar la falta de electricidad, sino también empoderar a las comunidades para generar su propia energía.

Capacidad instalada vs. consumo eléctrico para riego agrícola: Municipios con acceso limitado a la electricidad también tienen menos capacidad de Generación Distribuida. Esta situación afecta el desarrollo y calidad de vida. La Generación Distribuida, mediante tecnologías adecuadas y políticas de apoyo, podría impulsar el desarrollo económico y mejorar la vida de estas comunidades.

Capacidad instalada vs. tarifa de alto consumo: La relación entre la capacidad de Generación Distribuida y las tarifas de alto consumo para reducir los costos.

Capacidad instalada vs. población con bajos ingresos: Similar a los puntos anteriores, las áreas con baja capacidad de Generación Distribuida tienden a tener poblaciones con bajos ingresos. Esto sugiere la importancia de expandir la generación descentralizada para mejorar la calidad de vida en estas comunidades.

En resumen, el análisis muestra cómo la Generación Distribuida puede ser una herramienta valiosa para mejorar el bienestar y abordar la inequidad energética en

México. Al expandir esta capacidad en áreas con alta demanda de climatización, en zonas con acceso limitado a la electricidad y en sectores como la agricultura, se puede lograr un futuro energético más sostenible, equitativo y resiliente.

Introducción

La adopción de generación distribuida en México representa una estratégica respuesta para capitalizar las fuentes renovables de energía y reducir la dependencia en las tradicionales redes eléctricas. Este enfoque involucra la producción de electricidad en proximidad al punto de consumo, mediante tecnologías como paneles solares, turbinas eólicas y biodigestores.

Los beneficios que emanan de la generación distribuida son multifacéticos y ejercen un impacto positivo tanto en los usuarios como en el entorno. En primer lugar, se traduce en un alivio financiero mediante la reducción de la factura eléctrica, al consumirse menos energía de la red y permitir la venta de excedentes a la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Además, esta iniciativa contribuye a la lucha contra el cambio climático al minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero relacionados con la generación de electricidad basada en combustibles fósiles.

Al mismo tiempo, la generación distribuida puede enriquecer la calidad y seguridad del suministro eléctrico, minimizando las pérdidas energéticas durante el transporte y la distribución. Esto, a su vez, confiere una mayor resiliencia frente a posibles fallos o contingencias en la red. Asimismo, se erige como un motor de desarrollo económico y social en comunidades remotas o rurales al facilitar el acceso a servicios esenciales, como educación, salud y agua potable. En consecuencia, se propulsa la autonomía energética de estas comunidades.

En México, el auge de la generación distribuida en los últimos años ha sido catalizado por un marco regulatorio propicio y la disminución de los costos asociados a las tecnologías. Según datos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), al cierre de 2022 se registraron 334,984 contratos de interconexión de generación distribuida, con una capacidad instalada total de 2,629.78 MW¹. Casi el 99.3% de esta capacidad proviene de la generación fotovoltaica, basada en paneles solares.

Sin embargo, persisten desafíos y oportunidades que pueden estimular el avance de la generación distribuida en México:

Ampliación del Acceso a Financiamiento: Es imperativo expandir el acceso a financiamiento para los usuarios interesados en implementar sistemas de

¹ Gobierno de México. (2021). Estadísticas sobre las Solicitudes de Interconexión de Centrales Eléctricas de Generación Distribuida. 29 de agosto, 2023, <https://www.gob.mx/cre/documentos/pequena-y-mediana-escala>

generación distribuida, especialmente para sectores con ingresos bajos o dificultades crediticias.

Fortalecimiento de Capacitación y Certificación: La formación y certificación de instaladores y proveedores de equipos y servicios de generación distribuida deben ser reforzadas para asegurar la calidad y el cumplimiento de estándares técnicos y ambientales.

Fomento de Innovación e Investigación: La promoción de la innovación y la investigación en este ámbito puede optimizar el rendimiento y la integración de los sistemas con la red eléctrica y otras fuentes de energía.

Estímulo a la Participación Ciudadana y Educación Ambiental: Impulsar la conciencia sobre los beneficios y responsabilidades de la generación distribuida fomenta una cultura de consumo energético responsable y eficiente.

La generación distribuida en México posee un potencial considerable para suplir las necesidades energéticas del país de manera sostenible, contribuyendo simultáneamente al bienestar de la población y a la preservación del medio ambiente. Con este propósito en mente, es esencial continuar impulsando su desarrollo a través de políticas públicas, incentivos económicos y acciones educativas que promuevan su adopción y aprovechamiento.

Capacidad instalada de Generación Distribuida vs consumo eléctrico por tarifas de hogar

Las tarifas domésticas de bajo consumo CFE son las que se aplican a los servicios de electricidad que tienen uso habitacional y que no superan ciertos límites de consumo mensual, según el tipo de tarifa y la temporada. Estas tarifas tienen como

objetivo incentivar el ahorro de energía y proteger a los usuarios de bajos ingresos. Las tarifas domésticas de bajo consumo CFE son las siguientes²:

Tarifa 1: Se aplica en todo el país, excepto en las zonas donde se aplican las tarifas 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F. El límite de bajo consumo es de 250 kWh/mes.

Tarifa 1A: Se aplica en las zonas donde la temperatura media mínima en verano es de 25°C o más. El límite de bajo consumo es de 300 kWh/mes.

Tarifa 1B: Se aplica en las zonas donde la temperatura media mínima en verano es de 28°C o más. El límite de bajo consumo es de 400 kWh/mes.

Tarifa 1C: Se aplica en las zonas donde la temperatura media mínima en verano es de 30°C o más. El límite de bajo consumo es de 850 kWh/mes.

Tarifa 1D: Se aplica en las zonas donde la temperatura media mínima en verano es de 31°C o más. El límite de bajo consumo es de 1000 kWh/mes.

Tarifa 1E: Se aplica en las zonas donde la temperatura media mínima en verano es de 33°C o más. El límite de bajo consumo es de 2000 kWh/mes.

Tarifa 1F: Se aplica en las zonas donde la temperatura media mínima en verano es de 35°C o más. El límite de bajo consumo es de 2500 kWh/mes.

Los precios por kWh de cada rango varían según el tipo de tarifa y la temporada. La temporada de verano comprende los seis meses más cálidos del año, según las observaciones meteorológicas que rijan en cada área. Los seis meses restantes se consideran fuera de verano.

Si el consumo promedio mensual supera el límite establecido para la tarifa, se reclasificará tu servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC), que tiene un precio único por kWh mucho más alto que las tarifas domésticas de bajo consumo

² CFE. (2023). Esquema tarifario vigente. Agosto 31, 2023, <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Casa.aspx>

CFE. La DAC se aplica para desincentivar el uso excesivo e irracional de la energía eléctrica y promover el uso eficiente y responsable.

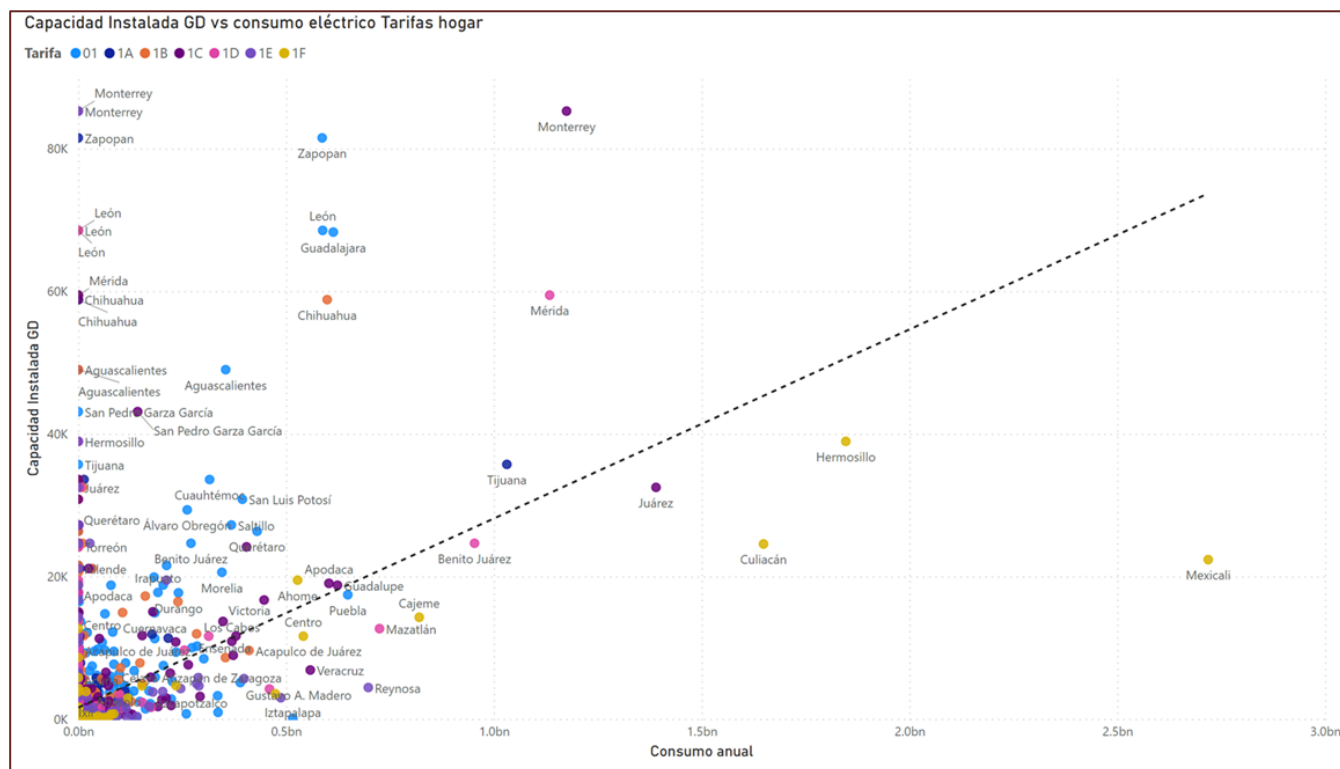


Figura 1 Capacidad instalada de GD vs consumo eléctrico por tarifas de hogar.

La Figura 1 nos desvela un patrón intrigante: municipios que experimentan un alto consumo energético debido a las temperaturas elevadas, mayormente impulsado por el uso de sistemas de aire acondicionado, como los casos de Cuiacán, Hermosillo y Mexicali, no se alinean con aquellos que presentan la capacidad instalada más extensa de Generación Distribuida.

En cambio, se observa que la mayoría de esta capacidad de generación distribuida se encuentra en municipios sujetos a la tarifa 1, zonas donde las demandas de refrigeración no son tan apremiantes. Esta discrepancia resalta una oportunidad de gran calado: la perspectiva de ampliar la capacidad de Generación Distribuida en localidades con una demanda eléctrica considerable, originada por la necesidad de climatización.

La Figura 1 plantea la posibilidad de rediseñar la infraestructura de generación de energía con el fin de responder con mayor precisión a las altas demandas en áreas donde la refrigeración es esencial. Esta adaptación no solo podría aliviar la carga sobre la red eléctrica durante los picos de calor, sino también contribuir a la sostenibilidad al aprovechar fuentes de energía más limpias y descentralizadas.

Para materializar esta visión, sería crucial idear estrategias de incentivos y políticas específicas que estimulen la adopción de tecnologías de generación distribuida en estas regiones propensas al calor. Además, se podrían implementar medidas para optimizar la eficiencia energética en la operación de sistemas de aire acondicionado y otros dispositivos consumidores de energía en esos municipios.

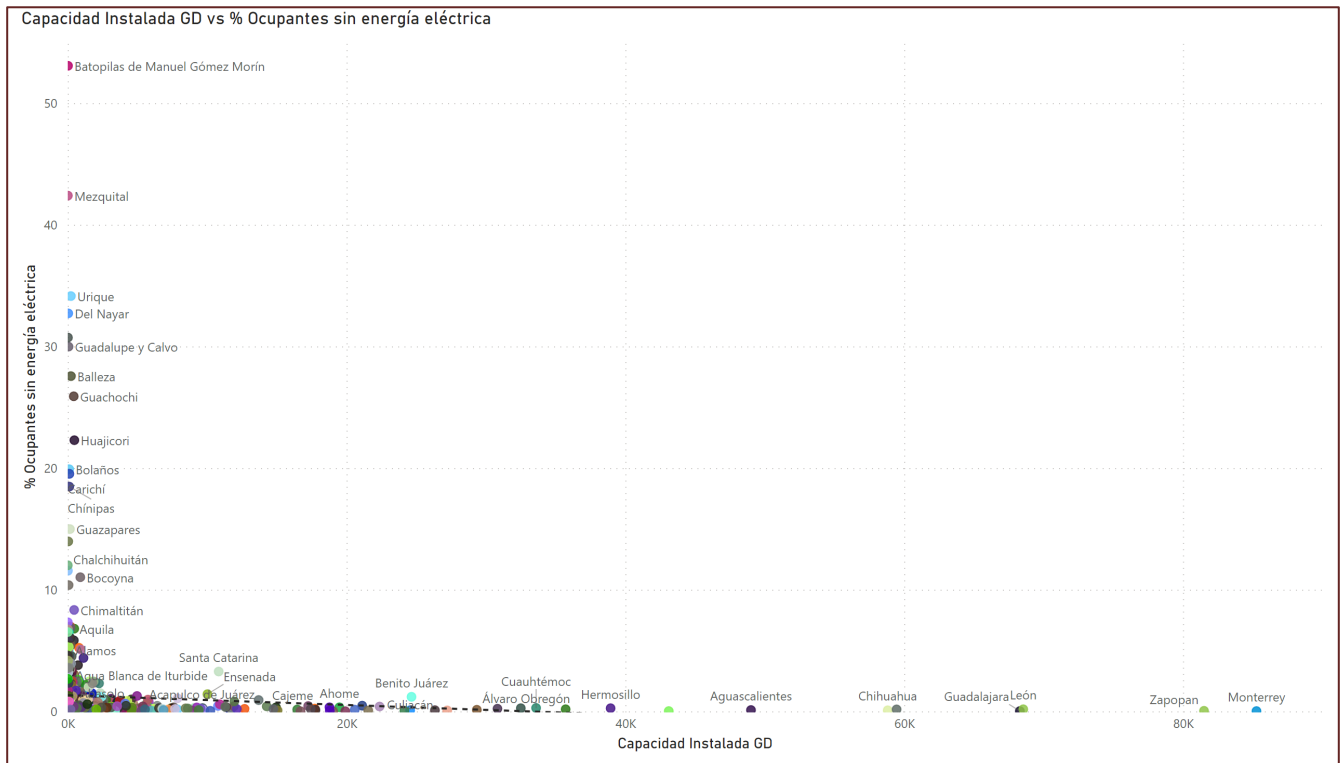
En resumen, la Figura 1 nos brinda una perspicaz visión de cómo se entrelazan la demanda de energía, el uso de aire acondicionado y la generación distribuida. Al aprovechar esta información, podemos concebir estrategias inteligentes para abordar de manera más eficiente y sostenible las necesidades energéticas en contextos de climas extremos. De esta manera, no solo lograremos un suministro eléctrico más adecuado, sino que también avanzaremos hacia un futuro energético más resiliente y responsable.

Capacidad instalada de Generación distribuida vs Porcentaje de ocupantes sin energía eléctrica

Los municipios con acceso limitado a la red eléctrica a menudo se encuentran en áreas remotas o menos desarrolladas, lo que puede obstaculizar su progreso económico y calidad de vida. La falta de acceso a una fuente confiable de energía eléctrica puede limitar la operación de negocios, el acceso a la educación y los servicios de atención médica, así como afectar la seguridad y la comodidad en los hogares.

La Generación Distribuida se erige como una solución potencial para abordar esta disparidad. Al implementar sistemas de generación local, como paneles solares, turbinas eólicas pequeñas o microrredes, estos municipios podrían reducir su dependencia de la red centralizada y garantizar un suministro eléctrico más constante y confiable. Esto no solo mejoraría la calidad de vida de los residentes locales, sino que también podría impulsar el bienestar económico al permitir nuevas oportunidades comerciales y empresariales.

Para hacer realidad esta visión, se necesitarían enfoques integrales que consideren las condiciones geográficas, económicas y sociales de cada área. La inversión en infraestructura y tecnologías apropiadas sería esencial, así como el desarrollo de políticas gubernamentales que fomenten la adopción de soluciones de Generación Distribuida en áreas con acceso limitado a la electricidad.



La Figura 2 muestra una relación incontestable: los municipios con un acceso limitado a la energía eléctrica se ven reflejados en una capacidad reducida en cuanto a Generación Distribuida. Por otro lado, aquellos municipios beneficiados con un suministro eléctrico más robusto exhiben una capacidad proporcionalmente más grande en términos de Generación Distribuida.

Este patrón identificado no solo sugiere una perspicaz observación, sino que también insinúa una oportunidad valiosa y sustentable: la expansión decidida de la Generación Distribuida en las áreas donde el acceso eléctrico es escaso. A través de esta medida, no solo se podría mitigar la falta de acceso a la electricidad en estas localidades, sino también empoderarlas para generar su propia energía de forma descentralizada.

La implementación efectiva de esta expansión conllevaría la consideración de varios aspectos cruciales. Primero, la elección de tecnologías de generación debe adaptarse a las condiciones específicas de cada ubicación, aprovechando recursos

naturales como la radiación solar o la fuerza del viento. Además, la formulación y aplicación de políticas de apoyo y regulación serían esenciales para estimular la inversión en la infraestructura energética local.

El análisis de la Figura 2 pone de manifiesto una interesante correlación: los municipios que enfrentan limitaciones en su acceso a energía eléctrica también presentan una capacidad considerablemente reducida en términos de Generación Distribuida. En contraste, aquellos municipios que disfrutan de un acceso más amplio y estable a la electricidad también ostentan una mayor capacidad instalada de Generación Distribuida.

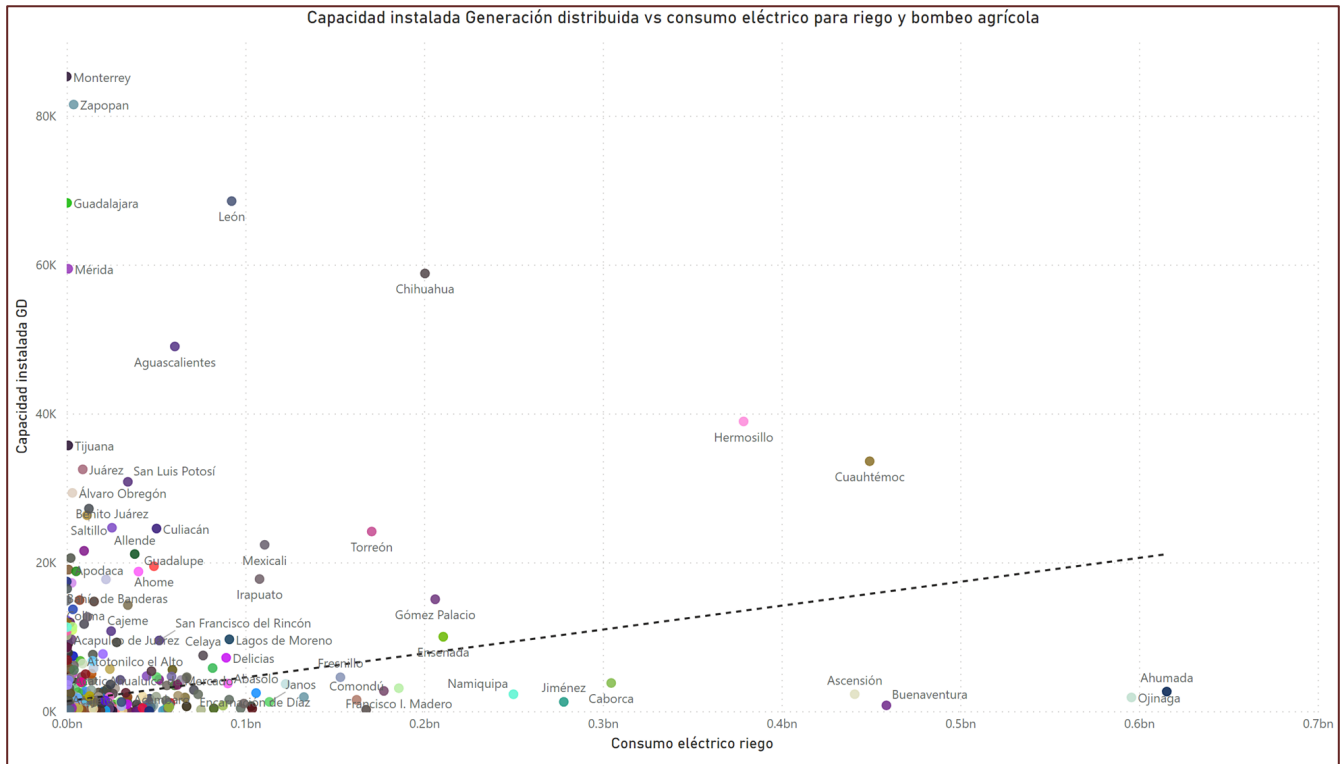
Este hallazgo no solo nos proporciona una comprensión más profunda de las disparidades energéticas, sino que también nos ofrece una hoja de ruta hacia un futuro más equitativo y sostenible. Al promover la autonomía energética en las áreas con recursos limitados, podemos trazar un camino hacia un desarrollo energético más justo y eficiente.

Capacidad instalada de Generación distribuida vs consumo eléctrico para riego y bombeo agrícola

El incremento de la electricidad para bombeo agrícola también tiene consecuencias sociales y ambientales. Por un lado, afecta la seguridad alimentaria y el ingreso de las familias rurales, que dependen en gran medida de la producción agrícola. Por otro lado, incentiva el uso de fuentes alternativas de energía, como los generadores diésel, que emiten gases contaminantes y contribuyen al cambio climático.

Ante este escenario, se requieren soluciones integrales y sostenibles que permitan reducir el costo y el consumo de la electricidad para bombeo agrícola, así como mejorar la eficiencia y productividad del riego.

La generación distribuida y el bombeo agrícola en México son dos temas que pueden generar sinergias positivas para el desarrollo del sector agropecuario y el aprovechamiento de las energías renovables. Sin embargo, se requiere de una mayor difusión e información sobre los beneficios y las ventajas de estos sistemas, así como de una mayor coordinación entre los actores involucrados: autoridades, empresas, productores y organizaciones. Asimismo, se requiere de una revisión y una actualización del marco regulatorio vigente, para facilitar y promover la adopción e integración de estos sistemas en el sistema eléctrico nacional.



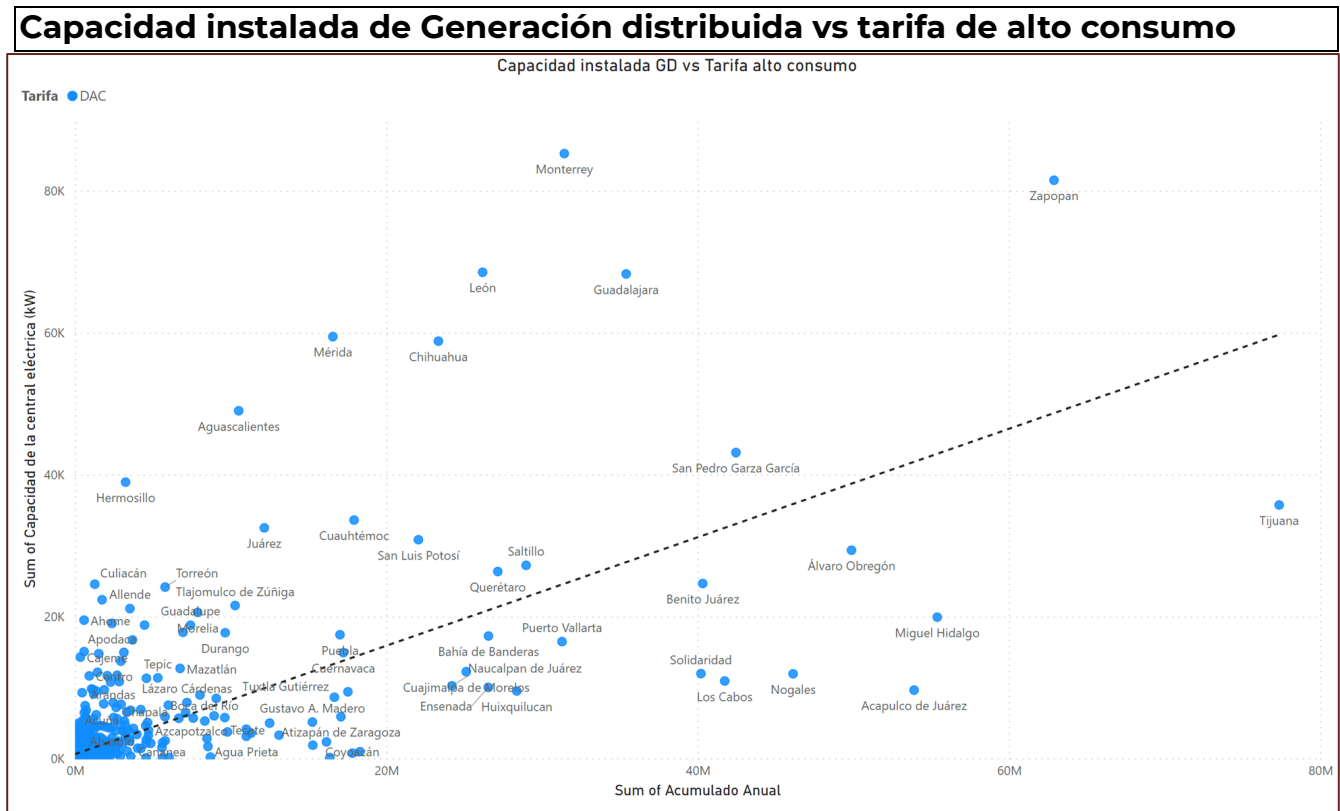
En la Figura 3, se puede observar claramente cómo los municipios que presentan una demanda significativa de electricidad destinada al riego y bombeo agrícola difieren considerablemente de aquellos que cuentan con una mayor capacidad instalada en generación distribuida.

Es relevante resaltar que, a medida que nos proyectamos hacia el futuro, la adopción de generación distribuida se perfila como una alternativa sumamente viable para optimizar tanto los subsidios asociados a esta tarifa como la dependencia de la centralización en el sector eléctrico. Esta transición hacia la generación distribuida no solo podría contribuir a una gestión más eficiente de los recursos económicos, sino también a una mayor autonomía en el suministro energético.

Adicionalmente, en determinados escenarios, la implementación de sistemas de generación distribuida podría desempeñar un papel fundamental en la reducción de la utilización de combustibles fósiles en lugares remotos, donde el bombeo y el riego agrícola son actividades críticas. De esta manera, se abrirían oportunidades

concretas para mitigar los efectos negativos asociados con la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental.

En resumen, la sinergia entre la demanda de energía para riego y bombeo agrícola y el potencial de generación distribuida resalta la posibilidad de optimizar recursos, reducir subsidios, descentralizar el sector eléctrico y disminuir la huella de carbono. Estos factores, en conjunto, sugieren un horizonte prometedor en el ámbito del bombeo y riego agrícola mediante la adopción estratégica y sostenible de soluciones de generación distribuida.



Un aspecto notable es que, en contraste, la relación entre la categoría de tarifa de alto consumo y la temperatura media anual parece ser menos directa. A diferencia de los municipios con tarifas de hogar subsidiadas, donde el consumo parece depender más de la temperatura media anual, los municipios con tarifas de alto consumo parecen menos influenciados por esta variable climática. Esto sugiere que otros factores, como la densidad poblacional, la actividad industrial y las prácticas de consumo, podrían estar desempeñando un papel más preponderante en su consumo energético.

La implicación más destacada de estos hallazgos es que los municipios con tarifas de alto consumo tienen el potencial de beneficiarse significativamente de la adopción de generación distribuida. Dado que ya están exhibiendo una demanda sustancial de energía, la integración de fuentes de energía renovable a nivel local podría ayudar a aliviar la presión sobre la red eléctrica convencional y a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables. Esto no solo puede conducir a ahorros en los costos de electricidad a largo plazo, sino que también podría contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la promoción de la sustentabilidad energética.

No obstante, se plantea una pregunta importante acerca de la priorización en la implementación de generación distribuida en estos municipios. Dado que los recursos pueden ser limitados, podría ser sensato considerar la marginación y las condiciones socioeconómicas al seleccionar los lugares para la implementación de GD. Aquí es donde entra en juego la ética energética: ¿deberían los esfuerzos de implementación concentrarse en los municipios con mayor marginación, donde los beneficios podrían tener un impacto más profundo en la calidad de vida de la población local? O, por otro lado, ¿deberían distribuirse de manera más equitativa para abordar de manera más generalizada la demanda energética y los desafíos ambientales?

En conclusión, esta figura presenta una visión intrigante de la intersección entre el consumo de energía, la adopción de generación distribuida y otros factores contextuales. Sienta las bases para una discusión más amplia sobre cómo maximizar los beneficios de la generación distribuida en municipios con alto consumo, al tiempo que se consideran aspectos éticos y de equidad. El futuro de la energía sostenible y descentralizada podría depender en gran medida de cómo abordamos estas cuestiones en constante evolución.

Capacidad instalada de Generación distribuida vs Población ocupada con ingresos menores a dos salarios mínimos

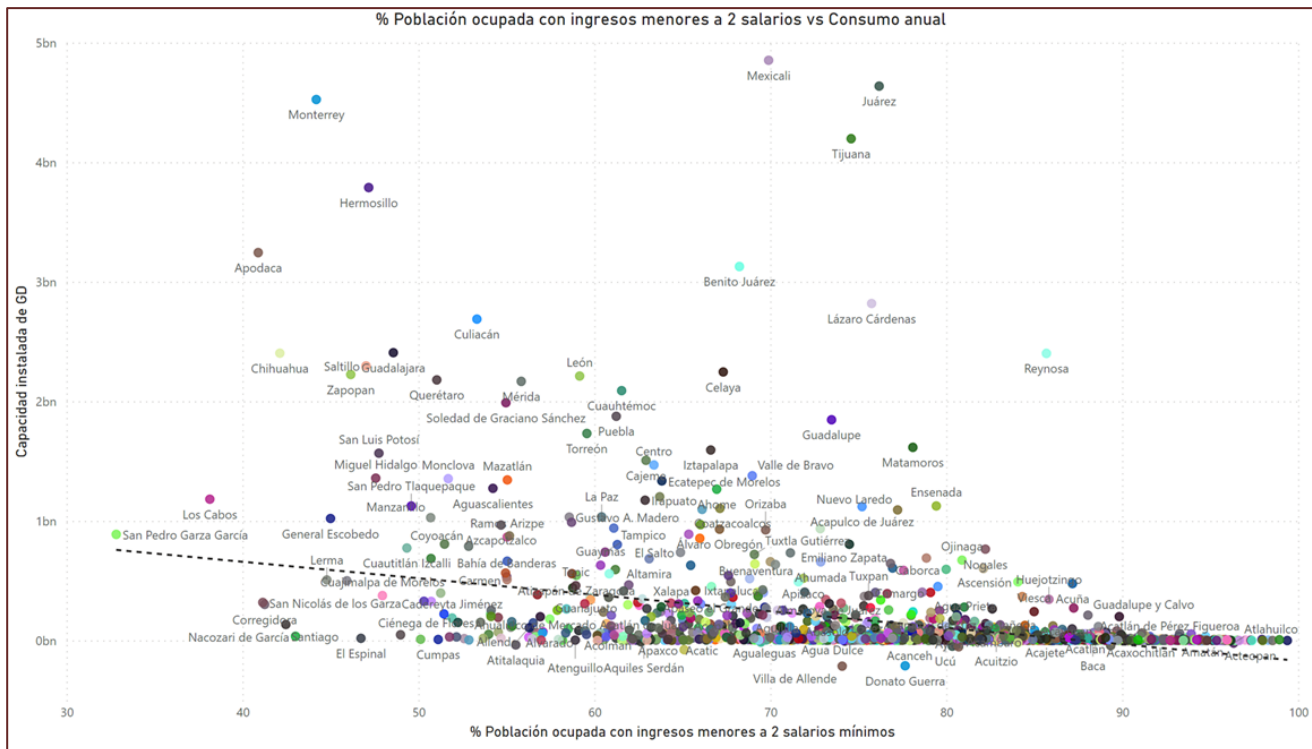


Ilustración 2 Capacidad instalada de GD vs Población ocupada con ingresos menores a dos salarios mínimos

Al analizar la tendencia de la figura, se evidencia claramente que existe una correlación entre la capacidad instalada de generación distribuida y el nivel de ingresos de los municipios. Los datos revelan que la mayoría de los municipios con ingresos inferiores a dos salarios mínimos presentan una capacidad instalada limitada en generación distribuida. En contraste, aquellos municipios que muestran porcentajes más altos de población con ingresos por debajo de dos salarios mínimos exhiben una capacidad instalada mayor en generación distribuida.

En base a estos hallazgos, es recomendable implementar acciones que vayan más allá de los subsidios ya establecidos. Estas medidas deberían fomentar la adopción y expansión de la generación distribuida en áreas de bajos ingresos. Al hacerlo, se podría lograr un efecto doble: por un lado, ayudar a reducir la brecha en el consumo de energía y en el acceso a servicios, y por otro, proporcionar un respaldo adicional a las comunidades de menores recursos.

Para lograr este objetivo, se sugiere considerar las siguientes estrategias:

1. Incentivos Financieros Adicionales: Además de los subsidios actuales, se podrían establecer incentivos financieros más atractivos para las comunidades de bajos ingresos. Esto podría incluir créditos fiscales, tasas preferenciales de financiamiento o incluso programas de microcréditos específicos para la adquisición de tecnologías de generación distribuida.
2. Programas de Capacitación: Implementar programas de capacitación en generación distribuida dirigidos a residentes de comunidades con bajos ingresos. Esto no solo aumentaría la adopción de la tecnología, sino que también empoderaría a los habitantes al brindarles habilidades técnicas y conocimientos en el campo de la energía renovable.
3. Alianzas Público-Privadas: Fomentar alianzas entre entidades gubernamentales, empresas privadas y organizaciones no gubernamentales para llevar a cabo proyectos conjuntos de generación distribuida en áreas de bajos ingresos. Estas colaboraciones podrían generar inversiones y recursos adicionales, así como brindar experiencia técnica.
4. Educación y Concienciación: Lanzar campañas de educación y concienciación sobre los beneficios económicos y ambientales de la generación distribuida. Informar a las comunidades sobre cómo esta tecnología puede reducir sus costos de energía a largo plazo y contribuir al desarrollo sostenible.
5. Flexibilidad Regulatoria: Adaptar los marcos regulatorios para facilitar la instalación y operación de sistemas de generación distribuida en áreas de bajos ingresos. Esto podría incluir simplificar los trámites y requisitos administrativos, así como reducir las barreras burocráticas.

En resumen, promover la generación distribuida en comunidades de bajos ingresos va más allá de los subsidios tradicionales. Requiere una combinación de enfoques financieros, educativos y regulatorios para garantizar que todas las personas tengan acceso equitativo a los beneficios de la energía renovable y para cerrar la brecha de consumo.

Conclusión

La exploración de la relación entre Generación Distribuida y diversos indicadores socioeconómicos en municipios mexicanos resalta oportunidades significativas para mejorar el bienestar y abordar la inequidad energética en el país. A medida que avanzamos hacia un futuro energético más sostenible, equitativo y resiliente, es esencial considerar las implicaciones y las oportunidades que estos hallazgos brindan.

La Generación Distribuida emerge como un poderoso recurso para abordar desafíos energéticos y sociales. La figura que analiza la capacidad instalada en relación con el consumo eléctrico de hogares recalca la posibilidad de aliviar la red eléctrica en áreas de alta demanda de climatización, contribuyendo a un suministro más adecuado y sostenible. Asimismo, la figura que conecta la capacidad instalada con el porcentaje de ocupantes sin acceso a energía eléctrica subraya el potencial de la generación descentralizada para cerrar brechas energéticas y empoderar comunidades marginadas.

La interacción entre la capacidad de Generación Distribuida y el consumo eléctrico en el sector agrícola destaca cómo esta tecnología puede impulsar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida en zonas rurales o aisladas. Además, al explorar la relación con las tarifas de alto consumo, se destaca la oportunidad de aprovechar la generación descentralizada para reducir la dependencia de fuentes no renovables y promover la sostenibilidad.

El análisis que examina la capacidad de Generación Distribuida en función de los ingresos de la población resalta la necesidad de acciones más allá de los subsidios tradicionales. La implementación de incentivos financieros, programas de capacitación y alianzas público-privadas podría impulsar la adopción de esta tecnología en comunidades de bajos ingresos, cerrando la brecha energética y promoviendo el acceso equitativo a energía renovable.

En conjunto, estos hallazgos subrayan la importancia de una estrategia integral para la implementación de Generación Distribuida en México. Al considerar factores económicos, sociales y ambientales, podemos aprovechar su potencial para mejorar el bienestar de las comunidades y avanzar hacia un futuro energético más sostenible y equitativo. La combinación de políticas públicas, incentivos financieros

y esfuerzos educativos será fundamental para llevar a cabo esta transición hacia una energía más descentralizada y responsable.