

# Regulatory Proposal to Promote Micro Photovoltaic Distributed Generation in Peru

Edwin Ramírez Soto, Estudiante<sup>1</sup>, Luis Arellán, Estudiante<sup>1</sup>, David Checa, Estudiante<sup>1</sup>, Adolfo Rios, Estudiante<sup>1</sup>, Edison Espinoza, Estudiante<sup>1</sup>, Herbert Grados-Espinoza, Doctor<sup>2</sup>, Antenor Leva, Doctor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, eramirezs@unac.edu.pe, laarellany@unac.edu.pe, djchecac@unac.edu.pe, ajriosv@unac.edu.pe, eespinozar@unac.edu.pe

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, hjgradose@unac.edu.pe, alevaa@unac.edu.pe

*Abstract— This paper proposes regulatory guidelines to promote Photovoltaic Distributed Micro Generation (MGDF). The purpose of encouraging regulated users of the public electricity service that consume electricity from the network is that they can produce electricity for their consumption, obtaining, additionally, an economic benefit for the surplus electrical energy generated that is injected into the electrical network. The implementation of the MGDF provides the opportunity to generate electricity free of noise and environmental pollution. Therefore, its regulation is necessary to define mainly the maximum power to be generated, requirements and technical criteria that must be met, as well as establishing a commercial mechanism for the energy injected into the electricity grid, when the generation is greater than the self-consumed energy.*

*Keywords—Regulatory, consume, electricity, energy, photovoltaic*

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.97>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

# Propuesta regulatoria energética para impulsar la Microgeneración Distribuida Fotovoltaica en el Perú

Edwin Ramírez Soto, Estudiante<sup>1</sup>, Luis Arellán, Estudiante<sup>1</sup>, David Checa, Estudiante<sup>1</sup>, Adolfo Rios, Estudiante<sup>1</sup>, Edison Espinoza, Estudiante<sup>1</sup>, Herbert Grados-Espinoza, Doctor<sup>2</sup>, Antenor Leva, Doctor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, eramirezs@unac.edu.pe, laarellany@unac.edu.pe, djchecac@unac.edu.pe, ajriosv@unac.edu.pe, eespinozar@unac.edu.pe

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, hjgradose@unac.edu.pe, alevaa@unac.edu.pe

**Resumen— Este artículo propone lineamientos regulatorios para promover la Micro Generación Fotovoltaica Distribuida (MGDF). El objetivo de incentivar a los usuarios regulados del servicio público de electricidad que consuman energía eléctrica de la red es que puedan producir energía eléctrica para su consumo, obteniendo, además, un beneficio económico por la energía eléctrica excedentaria generada que se inyecta a la red eléctrica. La implementación del MGDF brinda la oportunidad de generar electricidad libre de ruido y contaminación ambiental. Por tanto, su regulación es necesaria para definir principalmente la potencia máxima a generar, requisitos y criterios técnicos que se deben cumplir, así como establecer un mecanismo de comercialización de la energía inyectada a la red eléctrica, cuando la generación sea superior a la autogenerada. energía consumida.**

**Palabras clave.- regulatoria, consumo, electricidad, energía, fotovoltaica**

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las grandes fuentes de generación de energía eléctrica se encuentran ubicadas lejos de los centros de consumo, por lo cual, para que el usuario final pueda acceder al servicio eléctrico se requiere, adicionalmente, la instalación de extensas líneas de transmisión y redes de distribución de energía eléctrica [1]. En el mismo sentido, es importante señalar que las nuevas inversiones en generación eléctrica, sobre todo en centrales hidroeléctricas de gran potencia, son menos atractivas debido a los largos periodos de construcción y recuperación de las inversiones.

A nivel mundial se observa la tendencia a un cambio en la matriz energética, debido al impacto ambiental de las tecnologías convencionales de generación de energía; por ello, se vienen utilizando ya de manera sostenible la producción de energía eléctrica utilizando fuentes renovables como la energía solar, energía eólica, biomasa, de manera importante. En la figura 1, se muestra la capacidad instalada de energía en el mundo al año 2017 y una proyección estimada del crecimiento de la energía solar y eólica proyectada al año 2040.

Global cumulative installed capacity: 2017      Global cumulative installed capacity: 2040

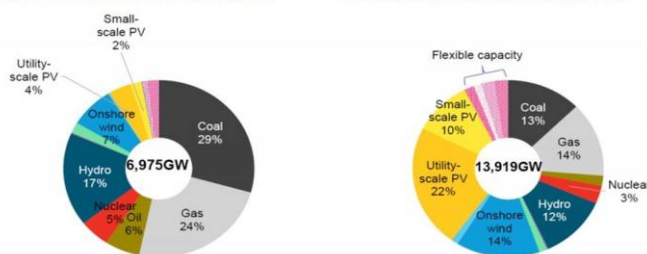


Fig 1. Proyección de energía solar y eólica [2]

Por lo tanto, ante esta nueva tendencia mundial, y debido a la baja de los costos de las tecnologías renovables, sobre todo la solar, así como a una transición global de compromiso e incentivo a la disminución de las emisiones de carbono, el desarrollo y posicionamiento de la Generación Distribuida surge.

Según la figura 2, se espera que al año 2025 la instalación de proyectos de Generación Distribuida en forma global se incremente y que inclusive casi la mitad de ellas sean instalaciones solares fotovoltaicas.

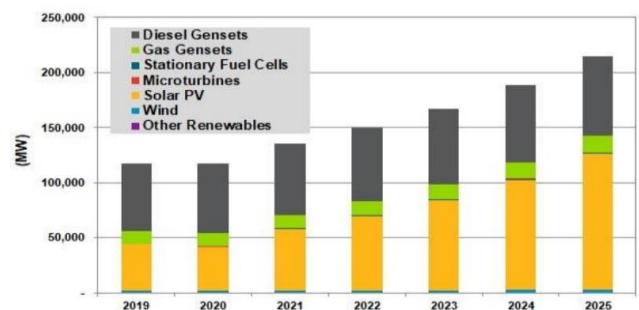


Fig 2. Tendencia global anual de generación distribuida [3]

Cabe mencionar que, la Generación Distribuida, sobre todo a nivel micro generación, tiene una gran importancia, siendo su implementación más rápida que los sistemas de generación convencionales; y al ser estas conectadas en forma directa al sistema de distribución y estar ubicadas en zonas próximas a los centros de carga, representan una solución que brinda mejoras en los niveles de tensión; reduce la descongestión y las pérdidas de la transmisión eléctrica.

## 1. La generación distribuida

Actualmente a nivel mundial, no existe una definición única de lo que representa la Generación Distribuida, debido a que está se ve reflejada en la realidad de los aspectos normativos y regulatorios de cada país, aunque se puede encontrar algunas similitudes. Mayormente, difieren en aspectos técnicos.

En el Perú, con la Ley N° 28832 [4], publicado el 23/07/2006, se define como Generación Distribuida a la “Instalación de Generación con capacidad no mayor a la señalada en el reglamento, conectada directamente a las redes de un concesionario de distribución eléctrica”, actualmente no se tiene definido el rango de capacidad de la generación distribuida ni su regulación.

### 1.1. Tipos de tecnología de generación distribuida

El artículo 2, del Decreto Legislativo N° 1221 [5], menciona que, “los usuarios del servicio público de electricidad que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, hasta la potencia máxima establecida para cada tecnología, tienen derecho a disponer de ellos para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sujeto a que no afecte la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado”.

La tecnología que podría ser utilizada para la Generación Distribuida, no es algo exclusivo, solo debe estar cercano al centro de consumo y ser generación renovable o cogeneración, tal como lo establece el Decreto Legislativo N° 1221, pudiendo ser las siguientes: Cogeneración, Mini Hidráulica, Eólica y Solar Fotovoltaica. Este último tipo de generación de energía eléctrica es la que se propone en el presente trabajo como MGDF.

### 1.2. Normativa para la generación distribuida en el Perú

La Ley de Concesiones Eléctricas promulgada en el 1992 (D.L. N° 28544) [6], no define la Generación Distribuida, por lo que solo establece la regulación a las actividades de Generación, Trasmisión, Distribución y Comercialización en el mercado eléctrico, por tal motivo el Estado ha emitido diversas normativas que promueven dicha actividad en el Perú, que fueron publicadas una tras otra a fin de que finalmente se emita el Reglamento de Generación Distribuida, que a la fecha no ha sido aprobado por parte de la entidad normativa.

En el año 2018, con la Resolución Ministerial N° 292-2018-MEM/DM [7], se pre publicó el proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida, donde básicamente define dos tipos de generación distribuida diferenciadas, entre otros, en la potencia máxima instalada de la Mediana Generación Distribuida (MGD): “Instalación con una capacidad mayor a 200 kW y menor o igual a 10 MW” y Micro Generación Distribuida (MCD): “Instalación cuyo titular es un usuario del servicio público de electricidad cuya potencia máxima es 200 kW”.

### 1.3. Micro Generación Distribuida Fotovoltaica (MGDF)

La generación solar fotovoltaica debe estar conectada a la red eléctrica, para que su energía producida sea aprovechada para disminuir el consumo energético del usuario en el momento adecuado cuando se obtiene electricidad con la máxima radiación solar.

Este tipo de tecnología actualmente viene presentando una tendencia de disminución de costos para su implementación, según se puede apreciar en la Fig 3:

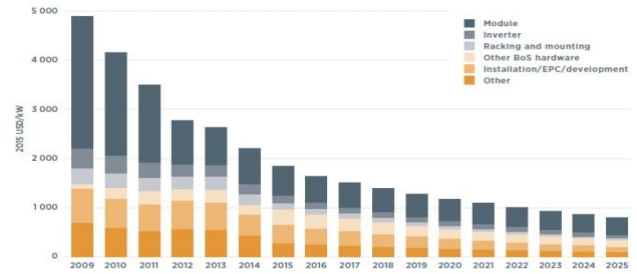


Fig 3. Escala de costo promedio para sistemas fotovoltaicos [8]

El sistema de MGDF consta de los siguientes componentes: Paneles fotovoltaicos, Inversor y Medidor de energía bidireccional.

A continuación, la figura 4, representa un esquema general de cómo es la implementación de paneles fotovoltaicos en la propiedad de un usuario regulado conectado a la red eléctrica de distribución:



Fig 4. Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica de distribución [9]

## 2. Mecanismo comercial para la implementación de la MGDF

Con el fin de efectuar la transacción comercial de energía entre el usuario y la empresa distribuidora, se deben definir términos que se presentan en la actividad de producción del sistema fotovoltaico, tal como se indica en la Fig 5:

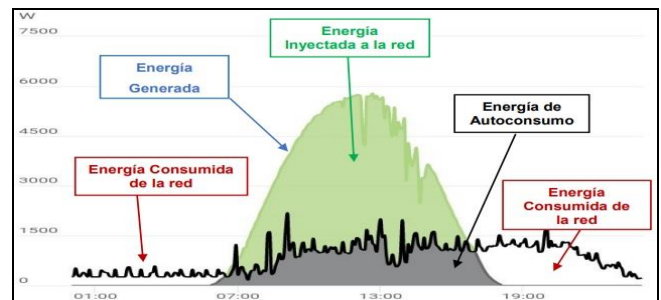


Fig 5. Producción del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica [10]

Donde:

*Energía generada:* Es la energía generada por el sistema fotovoltaico; tiene su máxima potencia generada en el momento de tomar la mayor radiación solar diaria.

*Energía de autoconsumo:* Es la energía que el usuario toma de la energía generada del sistema fotovoltaico,

dejando de consumir en ese momento de la red.

**Energía inyectada a la red:** Es la energía que puede el sistema fotovoltaico entregar a la red, después de haber abastecido el autoconsumo del usuario.

**Energía total consumida:** Es la energía que representa el consumo diario que el usuario utiliza para satisfacer su demanda eléctrica.

**Energía consumida de la red:** Es la energía que el usuario toma de la red, cuando la energía generada no satisface o no es suficiente para su autoconsumo.

### 2.1. Mecanismos comerciales utilizados para la MGDF

#### 2.1.1. Net Metering

Medición Neta o Balance Neto de energía (ver Fig 6), considera la energía consumida de la red y la energía inyectada a la red, cuya diferencia es designada en la facturación a la tarifa establecida en la regulación, según la siguiente fórmula:

$$\text{Facturación Net Metering} = (\text{Energía consumida de la red} - \text{Energía inyectada a la red}) * \text{Tarifa regulada (1)}$$

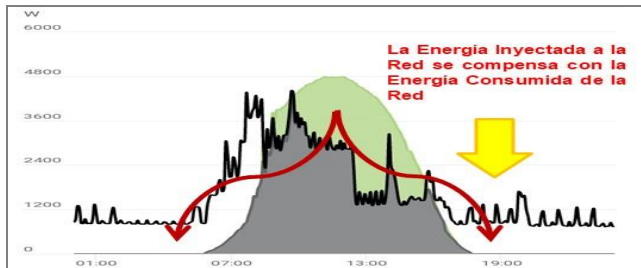


Fig 6. Net Metering o Balance Neto [10]

### 3. Net Billing

Facturación Neta mensual de la totalidad de la Energía inyectada a la red (ver Fig 7), el cual es valorizado al precio establecido por la regulación. Este sistema considera que la energía consumida de la red es facturada con la tarifa regulada de distribución y la energía inyectada a la red con una tarifa diferente, que puede ser el valor de energía en el mercado mayorista, un valor que fije la regulación de la Generación Distribuida o el precio de los costos que evita la empresa distribuidora en el transporte y distribución de la energía, según la siguiente fórmula:

$$\text{Facturación Net Billing} = \text{Energía consumida de la red} * \text{Tarifa regulada} - \text{Energía inyectada a la red} * \text{Tarifa fijada para la Generación Distribuida (2)}$$

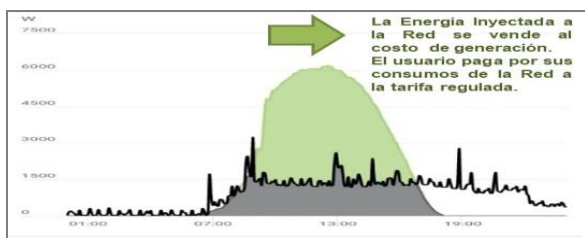


Fig 7. Net Billing o Facturación Neta [10]

### 3.1. Beneficios de implementar la MGDF

Los principales beneficios de la MGDF son los siguientes:

- Este tipo de tecnología es la forma más económica, fácil, rápida y confiable de implementar.
- Permite empoderar al usuario y darle la capacidad de gestionar de manera eficiente sus consumos.
- Se disminuyen las pérdidas en la red de transmisión y distribución eléctrica, debido a que generan energía cerca de las cargas de consumo.
- Es de fácil montaje bajo determinadas estructuras, tales como techos y azoteas.
- Reducción en el pago mensual por facturación de la energía eléctrica emitida por la distribuidora.
- Es una inversión rentable debido a que el tiempo de vida útil de los paneles es de 25 a 30 años.
- El costo de mantenimiento es relativamente bajo, que se limita generalmente solo a la limpieza de los paneles por acumulación de polvo y suciedad.
- No requiere personal permanente para su operación, ya que puede ser monitoreado mediante aplicativos en los smartphones y los medidores inteligentes bidireccionales.
- La potencia de los paneles solares (Wp) puede ser aumentada en forma progresiva según el requerimiento porque son fácilmente acoplables.
- Es una forma práctica de fomentar el desarrollo de la utilización de las energías renovables no convencionales que no contaminan el medio ambiente.

### 4. Evaluación de la implementación de la MGDF

#### 4.1. Análisis económico de la implementación del proyecto

Como parte del análisis de la implementación del proyecto MGDF, se toma el caso real de un usuario de la tarifa BT5-B y potencia contratada de 3 kW:

#### Caso Real: Sistema fotovoltaico de 1.56 kWp, instalado en Lima.

El equipamiento utilizado en la implementación del sistema fotovoltaico se precisa a continuación:

- Paneles fotovoltaicos : 6 módulos de 260 Wp cada uno
- Área de instalación : 6 x 0.99m x 1.64m = 9.74m<sup>2</sup>
- Inversor : 1.5 kW (Fronius Galvo 1.5.-1)
- Radiación solar : 2.8 a 6.3 kWh/m<sup>2</sup>/día

Tabla 1. Inversión de Sistema Fotovoltaico (1.56 kWp) [11]

Descripción	Costo (USD.)
Panel Solar (6 módulos 260 Wp)	761
Inversor	1 100
Smart Meter y otros gastos	120
Interruptor DC/AC	55
Conectores, conductores, estructura	230
Transferencia y mano de obra	146
Subtotal (Sin IGV)	2 412
IGV	434
<b>Total (Incluye IGV)</b>	<b>2 846</b>

La Fig 8, muestra el esquema básico de conexión de la instalación de MGDF al sistema de distribución de la empresa concesionaria:

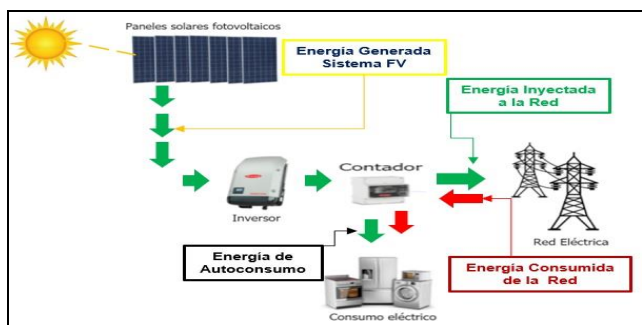


Fig 8. Esquema de conexión del sistema fotovoltaico a la red eléctrica [10]

La Fig 9, muestra la ubicación física del de la instalación de MGDF:



Fig 9. Ubicación de los paneles solares en la vivienda

La Fig 10, muestra la energía producida por el sistema fotovoltaico (energía inyectada más energía de autoconsumo), la energía de autoconsumo y la energía total consumida (energía de autoconsumo más energía consumida de la red), en un día típico:

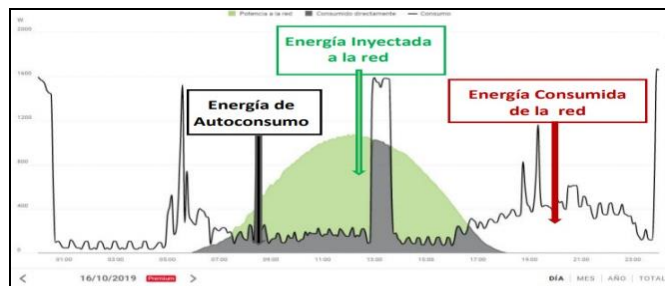


Fig. 10: Producción típica del sistema fotovoltaico 1.56 kWp [10]

La Tabla 2, muestra la producción (energía generada) en un año (2018-2019) del sistema fotovoltaico instalado; asimismo se incluye los datos de la energía autoconsumida por el usuario y la energía inyectada a la red de distribución eléctrica. Los datos en mención han sido obtenidos del registro permanente de información que realiza el Inversor Fronius:

Tabla 2. Producción Anual del Sistema Fotovoltaico (1.56 kWp) [11]

Producción fotovoltaica (kW-h)			
Periodo (meses)	Energía Autoconsumida (kW-h)	Energía Inyectada (kW-h)	Energía SFV Generada (kW-h)
12	683.8	1,471.4	2,155.2

La figura 11, muestra la energía generada por sistema fotovoltaico, en un año 2018-2019 y la energía autoconsumida e inyectada en el mismo periodo:

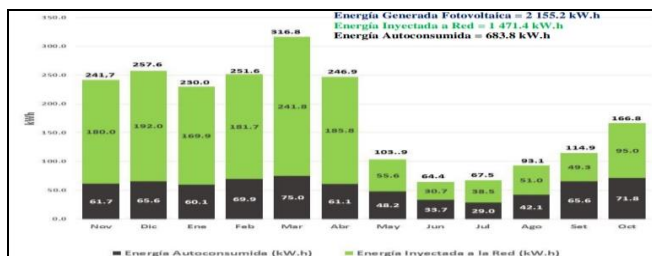


Fig 11. Energía generada del sistema fotovoltaico (1.56 kWp) [10]

La Tabla 3, muestra la energía total consumida por el usuario en un año (2018-2019).

Tabla 3. Energía Total Consumida del Usuario (1.56 kWp)

Producción y Consumo de Energía (kW-h)			
Periodo (meses)	Energía Total Consumida (kW-h)	Energía SFV Generada (kW-h)	Energía Consumida Red (kW-h)
12	3021.6	2155.2	2337.8

La Fig 12, muestra la energía total consumida, el autoconsumo y la consumida en el mismo periodo.

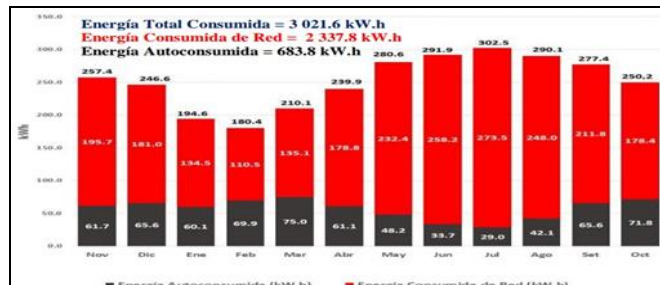


Fig 12. Energía total consumida (1.56 kWp) [11]

#### 4.2. Evaluación económica del proyecto MGDF (Caso Real - Lima)-Método Net Metering

Caso Real: Sistema Fotovoltaico 1.56 kWp (Lima)

Tabla 4. Análisis Económico, Caso Real (1.56 kWp) [Elaboración propia]

Energía	Caso Real Autoconsumo de Energía		
	kW.h/año	Tarifa BT5-B (US\$/kW-h) <sup>a</sup>	Ahorro (US\$/año)
Autoconsumida	684	0.1612	130
Inyectada a la red (Neteada)	1,471	0.1612	280
Inyectada a la red (Remanente)	0	0.0798	0
<b>Total</b>	<b>2,155</b>		<b>410</b>

<sup>a</sup>No incluye IGV

Los valores encontrados para el Net Metering, se pueden observar en la Tabla 5:

Tabla 5. Resultados Económicos, Caso Real (Net Metering) [11]

Caso	Inversión (US\$)	Ahorro Total Anual (US\$.)	Tasa de Oportunidad (%)	Tasa Interna Retorno	Retorno Inversión (años)
Autoconsumo de Energía	2 846	410	12%	13.8%	7

### 4.3. Evaluación Económica de proyecto de MGDF (Caso Real - Lima)-Método Net Billing

Caso Real: Sistema Fotovoltaico 1.56 kWp (Lima)

Tabla 6. Análisis Económico, Caso Real (1.56 kWp) [11]

Energía	Caso Real Autoconsumo de Energía		
	kW.h/año	Tarifa BT5-B (US\$/ kW-h) <sup>a</sup>	Ahorro (US\$/año)
Autoconsumida	684	0.1612	130
Inyectada en la red	1,471	0.0798	139
<b>Total</b>	<b>2,155</b>		<b>169</b>

<sup>a</sup>No incluye IGV

Los valores encontrados para el Net Billing, se pueden observar en la Tabla 7:

Tabla 7. Resultados Económicos, Casos Real (Net Billing)[11]

Caso	Inversión (US\$)	Ahorro Total Anual (US\$)	Tasa de Oportunidad (%)	Tasa Interna Retorno	Retorno Inversión (años)
Autoconsumo de Energía	2 846	269	8%	8.1%	11

Los resultados que se muestran en las Tablas 5 y 7, indican que el mecanismo Net Metering tiene las tasas internas de retorno más elevadas, siendo superior y representa un incentivo atractivo para que el usuario residencial implemente su MGDF, que dependiendo de la potencia en kWp y la zona de instalación en el país, puede recuperar su inversión en 7 años en promedio. Se ha considerado una tasa de descuento del 12%, debido a que está es utilizada para las actividades reguladas del sector eléctrico peruano.

### 4.4. Evaluación económica del proyecto MGDF (Caso Simulado - Arequipa)-Método Net Metering

Para el análisis económico, se toma en consideración la radiación solar de Lima y la de Arequipa (zona donde existe mayor radiación a nivel nacional) y por ende mayor producción de los paneles. Se ha efectuado una simulación del Caso Real de Lima, pero reflejado en forma aproximada en la ciudad de Arequipa con los mismos supuestos. La diferencia es que la empresa de distribución es SEAL y tiene otros valores de radiación indicados en la Fig 13:

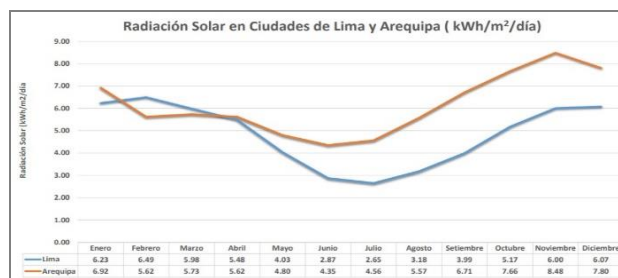


Figura 13. Radiación Solar de la Lima y Arequipa (kWh/m<sup>2</sup>/día) [11]

Los valores encontrados para el Net Metering, se pueden observar en la Tabla 8:

Tabla 8. Resultados Económicos, Caso Real (Net Metering)-Arequipa [11]

Caso	Inversión (US\$)	Ahorro Total Anual (US\$.)	Tasa de Oportunidad (%)	Tasa Interna Retorno	Retorno Inversión (años)
Autoconsumo de Energía	2 846	540	12%	18.7%	6

### 4.5. Normativa internacional

La Tabla 9, muestra los aspectos relevantes de la MGDF en diversos países de Iberoamérica.

Tabla 7. Diferentes modalidades de autoconsumo [11]

Mecanismo	Tipo de Intercambio	Trámite requerido	Proceso de Conexión	Incentivos
España				
Facturación neta mensual.	Energía autoconsumida: ahorro del 100% del valor de la "tarifa". Energía inyectada (excedente): compensación a precio regulado (aproximadamente 50% del valor de la "tarifa"). No se realiza pagos al cliente por saldos a su favor.	Energía autoconsumida: ahorro del 100% del valor de la "tarifa". Energía inyectada (excedente): compensación a precio regulado (aproximadamente 50% del valor de la "tarifa"). No se realiza pagos al cliente por saldos a su favor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Trámite de conexión "en línea" (de 30 a 90 días).</li> <li>✓ Menores exigencias técnicas para la MGDRF.</li> <li>✓ Instaladores autorizados.</li> <li>✓ La potencia instalada debe ser menor o igual que la potencia contratada como usuario final.</li> </ul>	Posibilidad de obtener financiamiento a tasas preferenciales.
Chile				
Facturación neta mensual y pago de remanentes	Energía autoconsumida: ahorro del 100% del valor de la tarifa.	Sólo contrato con la empresa distribuidora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Trámites de conexión "en línea" (30 días)</li> </ul>	Financiamiento a tasas preferenciales y capacitación frecuente.

	Energía inyectada (excedente): Se reconoce al precio de nodo (aproximadamente 50% de la tarifa). Mensualmente se realiza balance de valorizaciones. De existir remanentes luego de periodicidad anual la distribuidora realiza el pago.		hábiles). ✓ Menores exigencias técnicas para la MGDRF. ✓ Potencia instalada de la MGDRF no mayor que la potencia contratada como usuario final.	
Uruguay				
Medición neta y pago de remanentes	Energía autoconsumida: ahorro del 100% del valor de la tarifa. Energía inyectada (excedente): Se reconoce al 100% de la tarifa. Mensualmente se descuenta la energía inyectada del consumo de energía de la red eléctrica. De existir un saldo a favor del cliente, se descuenta de las siguientes facturaciones.	Sólo convenio con la empresa eléctrica (UTE).	✓ Menores exigencias técnicas para la MGDRF. ✓ La Potencia instalada de la MCDR debe ser menor o igual que la potencia contratada como usuario final, así mismo, la energía anual que produce la MCDR debe ser menor o igual que su demanda anual de energía	

#### 4.6. Propuesta de lineamientos de aspectos regulatorios para promover la MGDF

A continuación, se menciona la propuesta de lineamientos de aspectos regulatorios a tomar en cuenta para promover la implementación de la MGDF:

*Definición de Micro Generación Distribuida Fotovoltaica (MGDF):* De la experiencia internacional en generación distribuida revisada, se observa en casi la totalidad de los casos que se brinda un trato preferente a los consumidores finales de menor potencia contratada para que instalen su generación eléctrica de autoconsumo y reduzcan sus facturaciones por consumo de energía eléctrica, no sólo porque tienen menor impacto en la seguridad operativa de la

red eléctrica sino también porque estos tienen menor poder de negociación con sus suministradores.

Por lo referenciado, para el caso peruano se propone definir a la MGDF como aquella instalación de generación fotovoltaica en baja tensión, conectada directamente o través de sus propias instalaciones a las redes de distribución de la empresa concesionaria de distribución, cuya potencia instalada no será mayor a 20 kW o la potencia que defina el Regulador de acuerdo al impacto en la seguridad operacional de las redes de distribución. La potencia máxima de 20 kW es concordante con el límite de potencia de los usuarios regulados de menor potencia que están conectados a las redes de baja tensión y corresponde a la opción tarifaria BT5-B.

*Conexión de la MGDF:* De la experiencia internacional revisada, se observa que para promover la MGDF es muy relevante que se simplifiquen los requisitos técnicos y los trámites para que los pequeños consumidores de energía eléctrica puedan tomar la decisión de instalar una MGDF. Respecto el proyecto de Reglamento de Generación Distribuida de Perú que se publicó el año 2018, este no sólo tenía diversas imprecisiones que causaban confusiones a los interesados, sino consideraba complejos requisitos técnicos y los plazos extensos convirtiéndose en barreras de entrada que desalentaban la generación distribuida.

La experiencia de Chile nos muestra que la simplificación de los requisitos y reducción de plazos ha fomentado que se acelere la instalación de la MGDF.

Según la experiencia internacional revisada, es necesario establecer límites al tamaño de la MGDF, en la mayoría de los casos se observa que la potencia máxima a instalar del sistema de generación fotovoltaico no puede superar la potencia contratada como usuario final, lo cual inclusive debe ser corroborado con la capacidad de conexión a la red que es evaluado por la empresa distribuidora.

Se propone que las solicitudes de conexión se realicen a través de la página web del Regulador utilizándose formularios preestablecidos.

Esta solicitud de conexión de manera automática y simultánea es recibida por la empresa distribuidora (EDE) para su atención en un plazo máximo de 5 días hábiles. Posteriormente el Usuario final por el mismo medio comunicar a la EDE y al Regulador el cumplimiento de los requisitos correspondientes previo la puesta en operación de la MGDF. La EDE revisa el cumplimiento de los requisitos técnicos teniendo un plazo de 10 días útiles para ello. Luego se realizan las verificaciones en campo respectivas, y en caso estas sean satisfactorias, en un plazo de 10 días útiles suscribe con el usuario el Convenio respectivo de Conexión y de Operación. Respecto al tamaño de la MGDF (potencia instalada), está no podrá exceder la potencia contratada como usuario regulado y será determinada por la evaluación que realizará la empresa distribuidora.

*Comercialización de la energía del MGDF:* De la experiencia regional se aprecia que en algunos países se ha optado por el mecanismo de liquidación Net Billing (balance

económico) y en otros países se ha optado por el Net Metering (balance de mediciones de inyección de excedentes y consumo de la red eléctrica). Los países que optaron por la segunda opción han logrado una mejor respuesta de los usuarios regulados que optaron por instalar la MGDF, sin embargo, también fue necesario establecer límites a la capacidad de la instalación de la MGDF, así como la forma en que se valorizan sus excedentes, dejando inclusive abierta la posibilidad de que periódicamente se evalúe modificar la regulación en caso se incremente significativamente la energía inyectada (excedentes) de la MGDF.

De la evaluación económica realizada se ha confirmado que el Net Metering tiene mejores indicadores económicos (TIR) que el Net Billing, e inclusive estos indicadores mejoran más todavía cuando la MGDF se realiza íntegramente para autoconsumo. Así mismo, se ha logrado verificar que la misma instalación de generación fotovoltaica instalada en Lima logra incrementar su producción cuando se instala en Arequipa mejorando aún más sus indicadores económicos.

Por lo manifestado, se propone que el mecanismo comercial de liquidación sea el Net Metering (balance entre la energía consumida de la red y la energía inyectada como excedente por la MGDF), y en caso hubiese un saldo a favor del usuario final, se descuenta de los consumos de energía de las siguientes facturaciones mensuales.

En caso de existir remanentes de energía a favor del usuario final luego de un año, estos serán valorizados y pagados por la empresa distribuidora al “Precio a nivel de Generación”.

*Financiamiento:* Considerando que la MGDF es la que puede ser instalada por los consumidores finales que conocen poco del negocio eléctrico no cuentan con capital para realizar la inversión inicial e incluso consideran poco atractivo realizar inversiones recuperables a mediano plazo (entre 6 y 10 años), en diversos países como España y Chile, el estado promueve se otorgue financiamiento a bajas tasas de interés. Se propone que el Ministerio de Energía y Minas promueva el acceso a créditos con fondos públicos a tasas de interés preferenciales para la implementación de proyectos fotovoltaicos que hayan cumplido con los requerimientos necesarios para la instalación de MGDF. Esta información deberá estar en su página web.

*Instaladores eléctricos autorizados, proveedores y equipamiento autorizado, y medidores bidireccionales:* En Chile se brinda información “en línea” (web) acerca de los Instaladores eléctricos autorizados por la entidad supervisora para que realicen el proyecto hasta la instalación y conexión de la MGDF. La referida entidad supervisora también proporciona información en su página web a cerca de proveedores, equipamiento autorizado e inclusive de los medidores bidireccionales. Lo indicado permite reducir el riesgo del usuario final que está interesado en realizar la instalación fotovoltaica para autoconsumo, ya que estaría

tomando decisiones en base a información más confiable.

*Para el caso peruano, se recoge está buena práctica y se propone que:*

El Regulador debe mantener en su página web la relación de Instaladores Eléctricos Autorizados para diseñar y ejecutar las instalaciones de la MGDF. Los referidos Instaladores Eléctricos serán los encargados de realizar los trámites para la conexión de la MGDF.

El Regulador debe mantener en su página web la relación de medidores electrónicos bidireccional autorizado que podrá adquirir el Usuario Final o que en su defecto la empresa distribuidora podrá alquilar.

El Regulador debe mantener en su página web la relación del equipamiento y proveedores autorizado (inversores, paneles fotovoltaicos y sistema de protección) a ser utilizado en las instalaciones de la MGDF, con la finalidad de asegurar que el equipamiento a conectarse satisfaga estándares de calidad y no presenten desperfectos en su funcionamiento afectando al usuario final y la seguridad operacional de la red eléctrica.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a la aplicación del marco regulatorio vigente, el cliente residencial viene pagando tarifas eléctricas que en diversos casos ha sido superior a lo pagado por los clientes libres que tienen capacidad de negociación. La MGDF permitirá a los usuarios regulados se le reduzcan sus costos por la energía eléctrica, además contribuirá a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, sin perjudicar o afecte a la empresa distribuidora y otros usuarios en la zona de influencia.

La evaluación económica de los sistemas fotovoltaicos analizados, opción tarifaria BT5-B residencial, han confirmado que el Net Metering es la alternativa más adecuada para la promoción de la MGDF, habiéndose obtenido tasas internas de retorno superiores a 12%.

El proyecto piloto desarrollado es de aplicación a nivel nacional, siendo estos más atractivos para el usuario cuando hay mayores niveles de radiación solar como en Arequipa, Moquegua y Tacna (4.2 a 8.2 kWh/m<sup>2</sup>/día), haciendo que el proyecto sea más atractivo para la inversión cuando es mayor la radiación y la producción de energía.

El sistema Net Metering ofrece al cliente residencial, incentivos económicos más significativos que el Net Billing al permitir que las inyecciones de la MGDF puedan ser permutadas por los consumos de energía provenientes de la Red de distribución.

La MGDF que es íntegramente para autoconsumo proporciona mayores beneficios económicos que aquella con excedentes, y tiene menor impacto sobre la seguridad operativa de la red.

Es importante que se establezcan precisiones para que la MGDF con sistema Net Metering se implemente para el autoconsumo de los clientes residenciales y se establezca



como valor máximo de la potencia instalada, el equivalente a la potencia contratada como usuario final; asimismo, la potencia instalada de la MGDF será evaluada por la empresa distribuidora al momento de recibir la solicitud de conexión.

La inversión inicial resulta muy relevante para la toma de decisiones sobre todo tratándose de clientes residenciales, por ello es relevante que la regulación fomente accesos a posibles créditos con fondos estatales a bajas tasas de interés, así mismo sería importante eliminar los aranceles de los componentes más relevantes de la MGDF para disminuir significativamente la inversión inicial.

Tomando en cuenta que la MGDF tiene un menor impacto en la seguridad operativa que la generación distribuida de mayor tamaño, los trámites administrativos para la conexión de la MGDF deben ser sencillos, con plazos cortos y deben realizarse “en línea” (páginas web) para que no se convierta en una barrera de entrada de la MGDF.

Si la implementación de la MGDF, se incrementa a gran escala, existiría una reducción de precios, disminuyendo así la inversión inicial, dando como resultado un aumento de la rentabilidad económica de este tipo de generación eléctrica

## 6. RECOMENDACIONES

En el Perú, se ha tratado de promover la actividad de Generación Distribuida desde el año 2006, sin embargo, solamente el año 2018 el Ministerio de Energía y Minas logró publicar un proyecto de Reglamento de Generación Distribuida, pero debido a imprecisiones y complejas exigencias consideradas para su implementación sobre todo de la MGDF, no ha sido aprobado.

Como primer paso factible para el desarrollo futuro de la Generación Distribuida en su plenitud en el mercado peruano, es necesario que la entidad correspondiente emita específicamente la normativa para incentivar la MGDF, por poseer menor complicación, facilidad de diseño de la norma y viabilidad de implementación por existir en el mercado tanto clientes residenciales con disposición de inversión y empresas que efectúan los servicios de instalación y existencia de infraestructura en el mercado.

Es necesario la regulación del MGDF por representar una regulación que no implica y no representa un gran impacto técnico por su baja potencia de entrega a la red, a los agentes interesados del mercado y que al contrario representa un beneficio directo al usuario residencial para incentivar el autoconsumo.

La instalación de la MGDF debe evitar cualquier incidencia en la calidad del servicio de los demás usuarios eléctricos, por ello las empresas o agentes que efectúan estas instalaciones deben encontrarse debidamente acreditados.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a los profesores de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la

Universidad Nacional del Callao, quienes impulsan la investigación científica como pilar de desarrollo en nosotros.

## REFERENCIAS

- [1] Karanasios, K. y Parker, P. (2018). Tracking the transition to renewable electricity in remote indigenous communities in Canada. *Energy Policy*, 118, 169–181. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.03.032>
- [2] Energy to 2040–Faster Shift to Cleantech, Dynamic, Distributed, Seb Henbest, Bloomberg New Energy Finance, 2017.
- [3] Global Additions in Distributed Generation Capacity to Increase Significantly, Pritil Gunjan, Navigant Research.
- [4] Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, Ley n.º 28832 (2006, 23 de julio) (Perú). [https://www.leyes.congreso.gob.pe/DetLeyNum\\_1p.aspx?xNorma=6&xNumero=28832&xTipoNorma=0](https://www.leyes.congreso.gob.pe/DetLeyNum_1p.aspx?xNorma=6&xNumero=28832&xTipoNorma=0)
- [5] Decreto Legislativo que mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú-DECRETO LEGISLATIVO-Nº 1221. (s. f.). *Diario Oficial El Peruano*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-mejora-la-regulacion-de-la-distribucion-decreto-legislativo-n-1221-1291565-11/>
- [6] Ley que modifica diversos artículos del código procesal civil, Ley n.º 28544 (2005, 16 de junio) (Perú). [https://www.leyes.congreso.gob.pe/DetLeyNum\\_1p.aspx?xNorma=6&xNumero=28544&xTipoNorma=0A](https://www.leyes.congreso.gob.pe/DetLeyNum_1p.aspx?xNorma=6&xNumero=28544&xTipoNorma=0A)
- [7] (s. f.). Ministerio de Energía y Minas - Inicio. <http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-8zz77ta632z93665-RM438-2018-MEM-DM.pdf>
- [8] Boosting Solar PV Markets: The Role of Quality Infrastructure, IRENA-International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2017.
- [9] Pronavicola Generando Energía Fotovoltaica | Pronavicola. (s. f.). Pronavicola | Origen de tu Futuro. <http://www.pronavicola.com/contenido/tecnico/energiasolar>
- [10] Welcome to Fronius International. (s. f.). Welcome to Fronius International. <https://www.fronius.com/en>
- [11] Aspectos regulatorios a considerar en la implementación de la micro generación distribuida residencial fotovoltaica en el mercado eléctrico peruano (Palacios David, Rojas Rubén y Ramirez Edwin), Lima, 2019