

Cuadernos de Política Económica

002-2021



Estado del arte de la generación
distribuida en Costa Rica: Una
revisión desde la regulación
económica y la experiencia
internacional

Cuadernos de Política Económica



Universidad Nacional

*Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible
(CINPE)*

Título

*Estado del arte de la generación distribuida en Costa Rica: Una revisión
desde la regulación económica y la experiencia internacional*

Autores: Marco Otoya Chavarría & Roxana Acuña Rodríguez

Setiembre 2021

Heredia, Costa Rica

Los Cuadernos de Política Económica son una publicación periódica del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), de la Universidad Nacional. Los contenidos y opiniones reflejados en los Cuadernos son estrictamente de los autores.



Equipo Editorial

Coordinador Editorial
Comité Editorial

Rafael Díaz Porras, PhD.
Mary Luz Moreno Díaz, PhD.
Suyen Alonso Ubieta, MSc
Rafael Díaz Porras, PhD
Fernando Saéñz Segura, PhD

Curadora
Diagramación

Adriana Alvarado Romero, MAE
Katherine Jara Siles, Bach.

333.794
O88e

Otoya Chavarría, Marco.

Estado del arte de la generación distribuida en Costa Rica : una revisión desde la regulación económica y la experiencia internacional / Marco Otoya Chavarría, Roxana Acuña Rodríguez -- Heredia, Costa Rica : CINPE, 2021.

1 recurso en línea (63 páginas) -- (número 002-2021).
Versión digital.

ISSN 2215-6186

1. GENERACIÓN DISTRIBUIDA 2. ENERGÍAS RENOVABLES
3. REGULACIÓN 4. ECONOMÍA 5. COSTA RICA I. Acuña
Rodríguez, Roxana II. Título.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	IV
BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES	VI
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	2
1.1 GENERACIÓN DISTRIBUIDA	6
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 REGULACIÓN ECONÓMICA.....	11
2.2 ¿POR QUÉ SE REGULA?.....	12
2.3 TEORÍA DE CAPTURA DEL REGULADOR	14
2.4 TEORÍA ECONÓMICA DE LA REGULACIÓN.....	14
2.5 INSTRUMENTOS DE REGULACIÓN	16
3. METODOLOGÍA	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 VENTAJAS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.	22
4.2 DESVENTAJAS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA	25
4.3 DESAFÍOS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍA	27
4.4 EXPERIENCIAS EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA ALREDEDOR DEL MUNDO	28
4.5 ESTADO ACTUAL DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN COSTA RICA.....	38
BREVE HISTORIA DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN COSTA RICA	38
4.6 INICIOS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN EL PAÍS	41
4.7 REGULACIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	42
4.8 GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN NÚMEROS.....	47
4.9 CAMBIOS PROPUESTOS EN EL MARCO REGULATORIO	52
5. CONCLUSIONES	54
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Sistema de generación eléctrica centralizada.....	4
Figura 2:Sistema de Generación Distribuida.....	10
Figura 3:Evolución de la generación eléctrica costarricense por fuente 1989-2014.....	40
Figura 4. Capacidad instalada por empresa proveedora	48
Figura 5. Energía retirada y depositada en kWh de la red por mes 2017-2019.....	49
Figura 6. Capacidad Instalada total por provincia en el periodo 2020-2021	51
Figura 7. Mapa de color de capacidad instalada por distrito	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Definiciones de Generación distribuida.	6
Tabla 2: Compensación de la Comisión Regula https://odd.ucr.ac.cr/un-aporte-al-debate-sobre-fuentes-alternativas-de-energia-en-costa-rica-el-caso-de-la-energia-solar/dora de Energía a sus clientes.....	33
Tabla 3. Capacidad instalada total y promedio por proyecto de generación distribuida, por provincia. Año 2021. -En KW-	50



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Implementación mensual de potencial solar fotovoltaica en el Reino Unido	31
--	----

RESUMEN

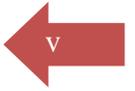
La sociedad vio un evento trascendental con la invención del bombillo y el surgimiento de la electricidad. La energía eléctrica residencial pasó de ser un lujo a una necesidad básica en los hogares. Sin embargo, los hogares más alejados se encontraban rezagados con aquellos que vivían en poblados numerosos. Con el tiempo se fue modificando la forma de abastecer de energía a la mayor cantidad de población posible, pero a bajos costos, tanto económicos como ambientales. La generación distribuida llegó como forma de solventar dicha problemática. En este contexto, el esfuerzo del Centro Internacional en Política Económica de desarrollar una revisión literaria exhaustiva sobre la generación distribuida representa una pionera investigación para establecer las características, beneficios, dificultades, uso y capacidad de la misma. La investigación se realiza es parte de la práctica profesional supervisada de la estudiante Roxana Acuña Rodríguez en el CINPE. Su trabajo se realiza a partir de búsqueda de material bibliográfico en internet. En general, se encuentra que Costa Rica ha logrado avanzar significativamente en el tema de la generación distribuida, con la experiencia y la ventaja de tener un modelo que permite disponer de una matriz eléctrica basada en fuentes renovables, al punto que en los últimos años ha logrado un porcentaje cercano al 100% de generación eléctrica partir de fuentes renovables.

Palabras clave: Regulación económica, fuentes renovables, generación distribuida, descentralización, redes inteligentes.

ABSTRACT

Society saw a transcendental event with the invention of the light bulb and the rise of electricity. Over time, residential electric power went from being a luxury to a necessity in homes. However, the most remote households lagged those living in large towns. Over time, the way of supplying energy to the largest possible population was modified, but at low costs, both economic and environmental. Distributed generation came to solve this problem. In this context, the effort of the International Center for Economic Policy to develop an exhaustive literary review on distributed generation represents a pioneering investigation to establish its characteristics, benefits, difficulties, use and capacity. This research is carried out as part of the supervised professional practice of the student Roxana Acuña Rodríguez at CINPE. The

work is carried out from a search for bibliographic material on the internet. In general, it is found that Costa Rica has made significant progress on the issue of distributed generation, with the experience and advantage of having a model that allows having an electrical matrix based on renewable sources, to the point that in recent years it has achieved a percentage close to 100% of electricity generation from renewable sources.



Keywords: Economic regulation, renewable sources, distributed generation decentralized, smart grids.

BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES



M.Sc. Marco Otoyá Chavarría

Economista, máster en Política Económica con énfasis en Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica del Centro Internacional en Política Económica de la Universidad Nacional, Costa Rica. Maestría en Estadística de la Universidad de Costa Rica, académico del CINPE. Coordinador del Programa Docente.

Correo electrónico: marco.otoya.chavarria@una.cr

Bach. Roxana Acuña Rodríguez

Economista de la Universidad Nacional, Costa Rica, estudiante de maestría en Gestión y Finanzas Públicas del Centro Internacional en Política Económica de la Universidad Nacional, Costa Rica, asistente de investigación en el CINPE. Trabajo producto de la Práctica Profesional Supervisada, requisito para obtener el título de grado en economía.

Correo electrónico: roxy.98.ac@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la forma en que se genera y consume la energía no es sostenible. Las fuentes de generación con mayor peso en las matrices energéticas se basan en combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), principales contribuyentes al cambio climático. Lo anterior aunado al costo de abastecer la demanda creciente del sector residencial, comercial e industrial, ha obligado a repensar la forma tradicional de generar y distribuir la energía. Los países han optado por revisar su modelo energético con el propósito de identificar nuevas opciones con viabilidad desde el punto de vista técnico y económico que permitan contrarrestar las limitaciones y altos costos económicos, sociales y ambientales que en muchos casos derivan de la generación eléctrica centralizada.

En los últimos años la generación distribuida ha surgido como una alternativa al modelo de generación eléctrica centralizada, sin embargo, en muchos casos requiere de una serie de cambios regulatorios, técnicos y legales para su desarrollo. Este es un tema relativamente reciente para muchos países latinoamericanos; en el caso de Costa Rica desde inicios de la década pasada se impulsaron algunos proyectos piloto que han sentado las bases para generar experiencia y evidencia sobre este tipo de generación, así como la posibilidad evidenciar los cambios técnicos y regulatorios que se requieren para la inclusión de esta modalidad. Sin embargo, la literatura y estudios sobre su potencial, efectos positivos y adversos, siguen siendo pocos en el país.

El presente cuaderno tiene como objetivo realizar un estado del arte sobre la generación distribuida en Costa Rica, desde una perspectiva de la economía de la regulación y la experiencia internacional en materia, con un particular énfasis de la experiencia y evolución del tema para el caso de Costa Rica. El documento consta de una parte de antecedentes que tiene como propósito mostrar la evolución de los sistemas de generación eléctrica en el tiempo, desde un sistema descentralizado hacia sistemas de generación centralizados tal como se conocen mayormente en la actualidad. La sección de marco teórico busca exponer la

teoría referente a la regulación económica en la que tradicionalmente se regulan los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización eléctrica. La sección de marco metodológico presenta de forma general el método seguido para el desarrollo del presente cuaderno de trabajo. La sección de resultados, a partir de la revisión bibliográfica realizada, expone el contexto actual internacional y nacional de la generación distribuida. Al final del documento se presentan algunas conclusiones y recomendaciones de política económica que pueden desprenderse del presente documento y que además pueden ser sujeto de análisis y estudios posteriores.

1. ANTECEDENTES

En la actualidad, la electricidad ha llegado a ser parte del diario vivir de prácticamente cualquier persona en el mundo; es un elemento indispensable para la satisfacción de las necesidades básicas de los seres humanos y para la producción de bienes y servicios. La utilización de este recurso, imprescindible en nuestra realidad, inició con la revolución industrial en el año 1750, momento en el que se dio un proceso de reconocimiento de diversas fuentes de abastecimientos de energía.

De acuerdo con un informe realizado por Iberdrola (2017), donde se investigaban los principales hitos históricos de la energía, la primera central eléctrica fue inaugurada en 1882 y su nombre fue “Edison Illuminating Company”; esta fue creada con el propósito de vender las primeras bombillas que su fundador y dueño, Thomas Alva Edison, había creado.

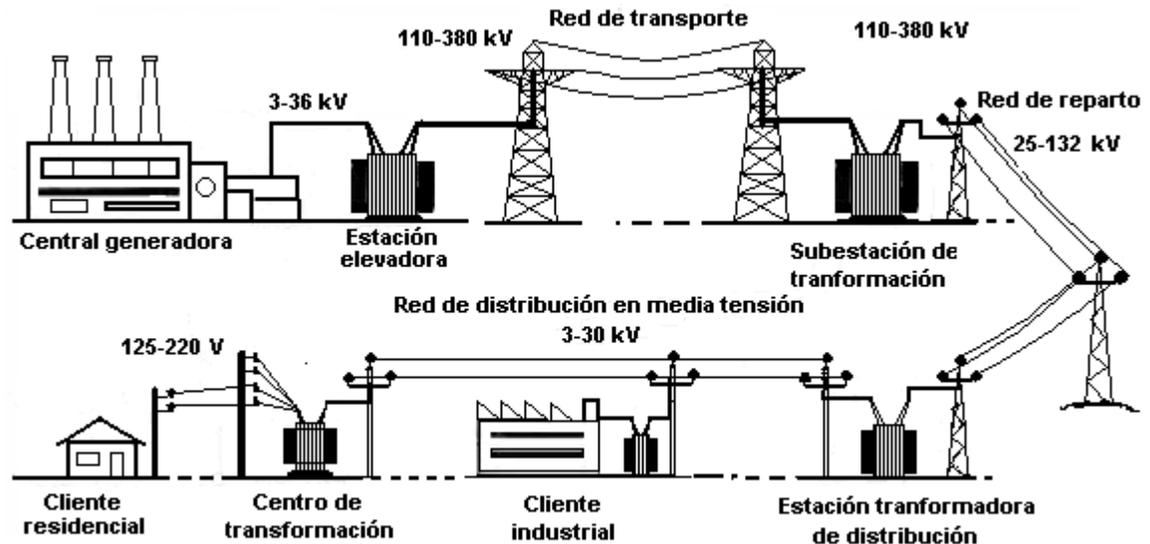
La primera central inició con 80 clientes y 400 bombillas, pero en dos años el negocio creció a más de 500 clientes —entre ellos The New York Times— y 10.000 bombillas. Además de la primera central eléctrica también fue la primera planta de cogeneración, ya que el vapor se aprovechaba para dar calefacción a los edificios aledaños. Ese mismo año el industrial H. J. Rogers creó la primera central de energía hidroeléctrica en el río Fox, Wisconsin, Estados Unidos (Iberdrola, 2017).

Estas centrales eléctricas funcionaban con corriente continua, lo que impedía transportar la energía a largas distancias. Fue en 1895 donde se logra el primer transporte de energía a larga distancia, Nicolasa Tesla y George Westinghouse crearon “la central hidroeléctrica de las cataratas del Niágara, llevando la electricidad hasta la ciudad de Búfalo, a 40 kilómetros de distancia” (Iberdrola, 2017). Este fue el inicio de la distribución de la energía como se conoce hoy en día.

Esta idea de producción de energía y su distribución a largas distancias fue la que prevaleció en el mundo, por supuesto con constantes cambios en su infraestructura, pero siempre bajo el mismo enfoque de un centro de producción de energía alejado de los centros de consumo poblacional. El proceso de expansión de la energía eléctrica hacia todas las direcciones se presentó en un momento de descubrimientos y avances en prácticamente todas las áreas de producción y desarrollo de la población, por lo que la energía llegó a ser un proceso complementario e indispensable para cualquier actividad que las personas quisieran realizar.

De esta manera, se inició el modelo de distribución de energía conocido como generación centralizada. Este modelo se caracteriza por poseer grandes centros de generación, seguido por las redes eléctricas de transmisión, que interconectan los centros de generación con los centros de carga, y las redes eléctricas de distribución, donde se coloca y comercializa la energía eléctrica para los clientes finales (Valverde Mora et al., 2015).

Figura 1.

Sistema de generación eléctrica centralizada

Fuente: Antonio et al., 2015

La Figura 1 es un ejemplo clásico de un sistema de generación eléctrica centralizada, donde su característica principal es que su centro de producción de energía y su lugar de consumo se encuentran separados.

Aunque este modelo es el más utilizado, con el paso del tiempo su desarrollo ha venido presentando deficiencias y limitaciones. Estas deficiencias o limitaciones empezaron a notarse a partir de los años setenta; en esta época se empezó a hablar de factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y de demanda eléctrica (alta tasa de crecimiento) a nivel mundial, que plantearon la necesidad de alternativas tecnológicas para asegurar, por un lado, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica y, por el otro, el ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales (Valencia ,2008).

La literatura señala que el modelo de generación centralizada, no ha logrado responder correctamente a las nuevas demandas del desarrollo económico, social y ambiental a las que el mundo se enfrenta. Con base en esto, Quintero (2018), sintetizó cinco razones por las cuales el sistema de generación tradicional evidencia limitaciones:

1. Es inevitable la construcción de nuevas centrales eléctricas para satisfacer las necesidades de demanda de las generaciones futuras, que deben pasar distintos procesos de diseño y construcción, unidos a procesos burocráticos. Se requieren extensos terrenos, permisos para pasar las líneas de la red por otras propiedades, estudios detallados sobre su impacto ambiental, se alarga el tiempo de construcción del proyecto y se provocan discrepancias y conflictos por parte de la población afectada.

2. La distribución de largos trayectos por lo general provoca pérdidas de energía. Además, el sistema tiene que mantener algunos de sus componentes siempre en disponibilidad para los casos de emergencia. Por lo que no se está dando un uso eficiente de los recursos.

3. La generación centralizada suele ser muy vulnerable a factores exógenos como el clima, lo que suele mostrar constantes fallos en los servicios ofrecidos, afecta la calidad del servicio y la fiabilidad de suministro.

4. La generación eléctrica, aparte de su impacto ambiental en la fase de construcción y de funcionamiento, es un importante emisor de CO² en la atmósfera, principalmente cuando esta se desarrolla mediante fuentes fósiles. Adicionalmente, está el impacto y daño ambiental asociado a la distribución eléctrica, que en algunos casos requiere la eliminación de una parte importante del medio ambiente.

Las fuentes de generación con mayor peso en las matrices energéticas son combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), principales contribuyentes al cambio climático. Hoy el mundo produce 12.000 millones de toneladas equivalente de petróleo -TEP7 - de energía de las cuales el 81% se obtienen del carbón, petróleo y gas. Esa desproporción en la matriz energética está mandando a la atmosfera 49 giga toneladas de dióxido de carbono (Porcelli, 2018).

5. El sistema de generación tradicional no es capaz de lograr un acceso universal a todos sus consumidores, esto debido a la dificultad en traslados y los elevados costes en la producción de la energía centralizada. Globalmente, hay 1800 millones personas sin acceso a algún tipo de energía comercial, la mayoría en países menos desarrollados, donde la infraestructura es insuficiente o no existe. Desarrollar

la infraestructura requerida en estos casos implican altos costos que hacen improbable el ofertar energía eléctrica en estas regiones.

La problemática anterior, ha llevado a repensar el modelo tradicional de generación y distribución de energía eléctrica. Los avances tecnológicos, el desarrollo de las fuentes renovables no convencionales de energía inciden en la búsqueda de nuevas opciones tecnológicas y cambios en el marco regulatorio vigente.

1.1 Generación Distribuida

En los últimos años se ha empezado a hablar de un sistema de generación distinto al tradicional, conocido como generación distribuida, que en parte ha sido posible debido al proceso de liberalización de los mercados eléctricos en muchos de los países, esto a su vez ha incentivado la evolución de nuevas tecnologías de generación. Además, se asocia comúnmente con la producción de energías renovables y con la contribución a la seguridad energética, elevando los niveles de confiabilidad del sistema (Marín y Quintero, 2013).

Al hablar de generación distribuida de energía se pueden encontrar distintas definiciones, pues abarca una gran gama de aspectos de diferentes áreas, por lo que la definición cambia de acuerdo con el país, la visión que se le dé o incluso el autor; por lo que es difícil pensar en una definición única.

La tabla 1, presenta una recopilación de diferentes definiciones que se han otorgado al concepto de generación distribuida en diferentes países de Latinoamérica y España, además de otras definiciones por parte de entidades o diversos autores.

Tabla 1. *Definiciones de Generación distribuida*

Definición	Autor y/o País
Definiciones en algunos países de Latinoamérica y España	
El concepto de generación distribuida implica que se debe hacer una conexión con la red de servicio público de manera tal que se pueda sustituir parte de la energía que normalmente se tomaría de dicha red. Cuando un consumidor instala un sistema de generación distribuida generará parte de su consumo y otra parte la consumirá de la red (MINAE, 2015)	Plan Nacional de Desarrollo-Costa Rica

<p>La generación de energía eléctrica es la que cumple con las siguientes características: a) se realiza por un generador exento en los términos de esta ley, y b) se realiza en una central eléctrica que se encuentra interconectada a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de centros carga (Sánchez, 2016).</p>	<p>Ley de la industria Eléctrica- México</p>
<p>Es la modalidad de generación de electricidad, producida por unidades de tecnologías de generación con recursos renovables, que se conectan a instalaciones de distribución cuyo aporte de potencia neto es inferior o igual a cinco megavatios (5 MW).</p>	<p>Comisión Nacional de Energía eléctrica- Guatemala</p>
<p>En general se entiende como generación distribuida en España, la que posee las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pequeña Potencia y ubicación en puntos cercanos al consumo. -Estar conectada a la red de distribución. -Una parte es consumida por la misma instalación y el resto se exporta a una red de distribución. -No existe una generación centralizada de esta. -La potencia de los grupos suele ser menos a 50MW (Sánchez et al., 2015). 	<p>España</p>
<p>La producción de energía eléctrica, cerca de los centros de consumo, conectada a un Sistema de Distribución Local (SDL). La capacidad de la generación distribuida se definirá en función de la capacidad del sistema en donde se va a conectar, según los términos del código de conexión y las demás disposiciones que la CREG defina para tal fin.</p>	<p>Ley 1715 (2014) Colombia</p>
<p>Es la generación de electricidad mediante instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico (Castro et al., 2011).</p>	<p>Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos- Cuba</p>
<p>Pequeñas centrales de generación instaladas cerca del consumo y conectadas a la red de la distribuidora.</p>	<p>Reglamento General de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica- Ecuador</p>
<p>Definiciones por parte de entidades y diversos autores</p>	
<p>Se define a la generación distribuida como a la generación de electricidad por plantas relativamente pequeñas (menor a 10 MW) en relación con las plantas centralizadas, con capacidad suficiente para permitir su interconexión en cualquier punto del sistema eléctrico considerando los siguientes aspectos: finalidad y localización; potencia nominal y nivel de tensión, características de la zona de entrega de energía (Muñoz-Vizhñay et al., 2018).</p>	<p>Universidad Politécnica de Salesiana- Ecuador</p>

<p>La generación distribuida son todas aquellas unidades de generación eléctrica conectados directamente a nivel de la red de distribución. Los equipos de generación pueden estar localizados detrás del medidor de electricidad de un abonado para el autoconsumo o directamente como generadores inyectando a la red. (Valverde Mora et al., 2015)</p>	<p>Compañía Nacional de Fuerza y Luz–Costa Rica</p>
<p>La alternativa para que los abonados generen electricidad mediante fuentes renovables con el propósito de satisfacer sus necesidades, funcionando en paralelo con la red de distribución eléctrica, bajo el concepto de depósito y devolución de energía (Castillo y Davidovich, 2016).</p>	<p>Reglamento de Concesiones para el Servicio Público del suministro de Energía Eléctrica-Costa Rica</p>
<p>La Generación Distribuida para Autoconsumo significa que no sólo las distribuidoras eléctricas generan la electricidad consumida en el país, sino que los abonados del país también pueden generar su propia energía en el mismo lugar donde la consumen. Este tipo de generación busca satisfacer las necesidades energéticas parcial o totalmente del productor-generador (ACESOLAR, 2016).</p>	<p>Asociación Costarricense de Energía Solar-Costa Rica</p>
<p>Un sistema de generación energética distribuida estaría constituido por múltiples unidades locales de producción (Clústeres Energéticos Descentralizados) distribuidas por todo el territorio nacional, en contraste con el sistema de producción actual, caracterizado fundamentalmente por: -Alto grado de centralización. -Elevada dependencia energética del exterior (en torno al 70%), debida a la escasa presencia de yacimientos de combustible fósiles (Romero, 2015).</p>	<p>Ing.María del Carmen Romero Rubio- España</p>
<p>Todos los Generadores con una capacidad máxima entre 50MW a 100 MW, conectados al sistema eléctrico de distribución, y que no están diseñados ni despachados de forma centralizada. Esto último implica que la generación distribuida no forma parte del control del operador de la red eléctrica de transporte, por lo tanto, no considera generación distribuida los generadores instalados por las compañías eléctricas (Sánchez et al., 2015).</p>	<p>Consejo Internacional sobre Grandes Sistemas Eléctrico (CIGRE)</p>
<p>Generación distribuida es una fuente de energía eléctrica conectada directamente a la fuente de distribución o en el lado del medidor correspondiente al abonado. (Monge Guevara & Echeverria, 2017). La capacidad instalada para las plantas que operan en condiciones de GD son:</p> <p style="padding-left: 40px;">Escala micro: 1 watt < 5 kW</p> <p style="padding-left: 40px;">Pequeña escala: 5 kW - 5 MW</p> <p style="padding-left: 40px;">Mediana escala: 5 MW < 50 MW</p> <p style="padding-left: 40px;">Gran escala: 50 MW - 300 MW.</p>	<p>Ackerman y otros.</p>
<p>Definiciones por parte de entidades y diversos autores</p>	<p>Definiciones por parte de entidades y diversos autores</p>
<p>Se define como un sistema integrado que proporciona energía eléctrica, a través del uso estratégico de RETer sus necesidades específicas y de algunas fuentes convencionales instaladas directamente en la red eléctrica de distribución local y del consumidor final, para abastecer sus necesidades específicas (Castillo, 2011).</p>	<p>(Ramírez, 2011)</p>

La producción de energía en las instalaciones de los consumidores o en las instalaciones de la empresa distribuidora, suministrando energía directamente a la red de distribución, en baja tensión, asociándose a tecnologías como motores, mini y micro- turbinas, pilas de combustible y energía solar FV (Sánchez et al., 2015).

Agencia
Internacional de Energía
(IEA).

Fuente: Elaboración propia con referencias varias.

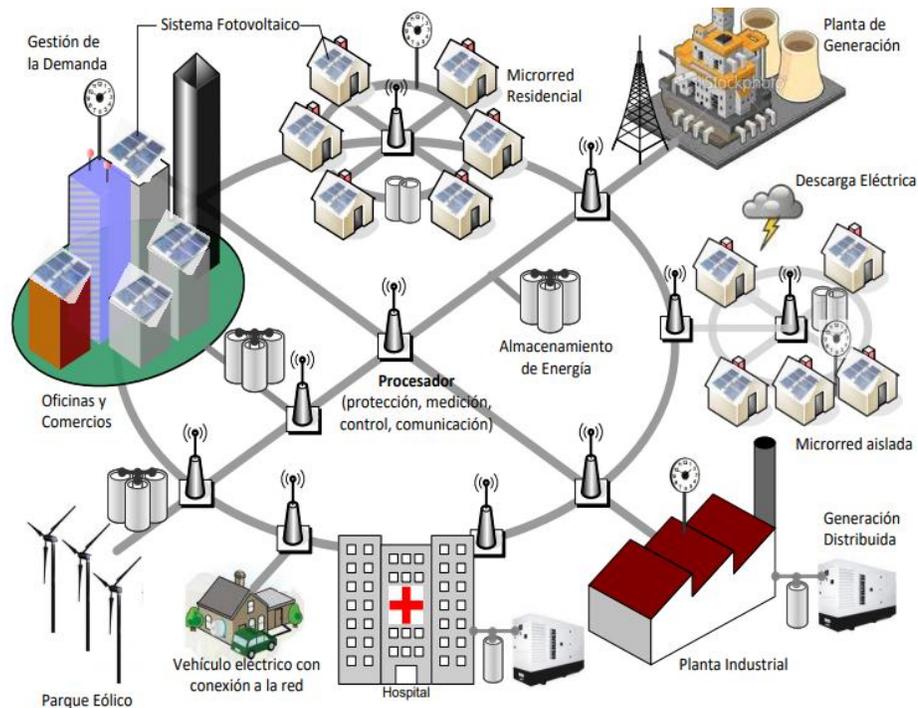
De la tabla anterior, es posible concluir que en general, la generación distribuida obedece a un modelo en el que por lo general la generación de energía se utiliza en el mismo lugar de producción; muy similar a los inicios de la generación eléctrica tal como se detalló al inicio de la presente sección. En la actualidad este modelo posee una afinidad tecnológica mayor y permite utilizar fuentes energéticas renovables como su principal motor de energía. Prácticamente todas las tecnologías asociadas a las fuentes renovables son aptas para la generación de la energía eléctrica distribuida; desde el momento en que alcanzan su madurez tecnológica que les permite suministrar una energía segura y de calidad a un precio razonable (Colmenar et al., 2015).

Algunas de las principales fuentes de energías renovables que se utilizan para la generación de energía distribuida son la solar, el recurso hídrico, el eólico, el geotérmico y la biomasa. Aunque este nuevo modelo es utilizado generalmente con energía renovables, también se puede realizar alimentado por fuentes convencionales no renovables, como lo son el hidrógeno y los combustibles fósiles.

Por su parte, este modelo de generación distribuida interconectada a la red posee una característica peculiar que lo distingue del modelo tradicional: es su característica bidireccional. Es decir, en el modelo centralizado solo era posible encontrar una única dirección de la energía que iba desde la central de producción hasta el consumidor final, por el contrario, este nuevo modelo permite que la energía pueda ir en ambas direcciones; ya sea que el consumidor obtenga energía de la red de distribución tradicional o que el consumidor envíe energía hacia la red desde el centro de producción personal.

Asimismo, la generación distribuida puede utilizarse como un medio para almacenar energía, esto por lo general es utilizado para zonas muy lejanas de los centros de distribución, donde el servicio de energía eléctrica es muy inestable o para abastecer servicios eléctricos a lugares donde es indispensable su utilización, como son hospitales, clínicas, escuelas, etc.

Figura 2. Sistema de Generación Distribuida



Fuente: Samper, 2020

En la figura 2, se representa el ideal de una ciudad bajo el sistema de distribución de energía; las empresas, negocios y hogares cuentan con su propio centro de producción eléctrica distribuida (solar, eólica, etc.). Lo anterior, le permite desarrollar sus actividades de manera normal, aunque se mantienen conectados a la planta de generación centralizada a través de las redes de transporte, para abastecerse de energía en los momentos donde no se pueda obtener esta de las fuentes renovables.

2. MARCO TEÓRICO

En Costa Rica la generación, transmisión distribución y comercialización de la energía eléctrica en el país, se realiza en un marco institucional regulado por el Estado, particularmente por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) en lo que respecta a precio y calidad de los servicios públicos. La ARESEP es el ente encargado de establecer las tarifas y determinar la normativa técnica aplicable a este tipo de servicio. Dado que la generación distribuida directa o indirectamente está relacionado con aspectos del marco regulatorio, es de interés comprender los fundamentos generales de la teoría de la regulación.

En este sentido, la presente sección tiene como propósito establecer algunos elementos de la teoría de la regulación económica aplicable a regulación de precios de los servicios públicos. Al ser la energía eléctrica un servicio público que se ofrece en un marco institucional definido, cobra importancia establecer algunos elementos propios de su regulación. Lo anterior, cobra aún más importancia en un contexto en el que la generación distribuida requiere definir elementos regulatorios tanto técnicos como económicos.

2.1 Regulación Económica

La regulación se puede definir desde sus distintas áreas de aplicaciones: económicas, políticas, jurídicas o legales. Spulber (1989) combina todos los elementos en una sola definición, según este autor la regulación se puede definir como “El conjunto de reglas generales y acciones específicas impuestas por agencias administrativas sobre los consumidores, las empresas y el mecanismo de mercado. Estas acciones regulatorias son el producto de procesos administrativos que consisten principalmente en negociaciones entre los agentes del mercado e interacción indirecta a través de intervención legislativa, ejecutiva y judicial”. (p.15)

A partir de esta explicación, el autor propone una estructura de la regulación que se divide en 3 componentes.

- 1) Las Regulaciones: reglas generales o acciones específicas impuestas por agencias administrativas que interfieren directamente con las asignaciones del mercado o indirectamente alterando las decisiones de demanda y oferta de consumidores y productores.
- 2) El proceso regulatorio: juego definido por el conjunto de consumidores y empresas en un mercado regulado, las preferencias del consumidor y las tecnologías de las empresas, las estrategias disponibles y el conjunto de reglas.
- 3) Campo de la regulación: el estudio del proceso regulatorio y de los equilibrios del mercado resultantes en presencia de regulaciones.

De forma general se puede describir a la regulación como el uso del poder de coacción de los gobiernos, con el propósito de restringir las decisiones de los agentes económicos (Viscusi et al., 2005).

2.2 ¿Por qué se regula?

Es importante destacar, que no todo lo imperfecto se regula y no siempre la intervención del Estado, cuando hay fallos, mejora la situación de un mercado (Flórez, 2009, p. 3). La Teoría de la regulación busca explicar por qué hay regulación en los mercados, esta teoría realiza un estudio a través de distintos análisis como el normativo-positivo, la teoría de ruptura y la teoría de la regulación económica. En términos generales, puede decirse que uno de los propósitos de la regulación es emular la competencia.

Análisis Normativo-Positivo:

El enfoque normativo busca poner en evidencia lo que el estado debería hacer y el positivo se ocupa de describir y explicar tanto lo que hace realmente como sus consecuencias.

Para el análisis normativo como teoría positiva (NPT¹), la regulación se suministra en respuesta a la demanda del público, para la corrección de una falla del mercado o para la corrección de prácticas altamente inequitativas (por ejemplo, discriminación de precios o que las empresas reciban ganancias extraordinarias como resultado de algún cambio en las condiciones de la industria)(Viscusi et al., 2005).

De esta manera, según Stiglitz & Rosengard (2016), existen 6 situaciones donde se justifica la participación del estado, debido a que se presentan fallas en el mercado, estas son: fallos de competencia, bienes públicos, externalidades, mercados incompletos, fallos de información, la inflación, el paro y el desequilibrio. Algunos de ellos presentes en los mercados energéticos.

Existen diversas razones por las que puede fallar el supuesto de competencia perfecta, puede ser por estructuras de mercado dominantes (oligopolios, monopolios, competencia monopolística, monopolios naturales) o por las mismas empresas que adoptan estrategias para disuadir a la competencia, incluso se puede deber a que las instituciones públicas conceden patentes o derechos exclusivos a tan solo unas empresas. Cualquiera de estas

¹ Por sus siglas en inglés (Normative Analysis as a Positive Theory.)

situaciones lleva a la ineficiencia económica, debido a que por lo general se da una reducción en la producción en comparación con una situación de competencia perfecta.

Para el caso de los bienes públicos poseen dos particularidades especiales, primero que no son excluyentes por lo que no se puede negar a nadie su uso y, en segundo lugar, que no son rivales en el consumo, esto hace que los mercados muchas veces no los suministren o provisionen muy poco de ellos por ser poco rentables. Asimismo, este tipo de bienes sufren de una problemática asociada conocida como “free rider”, que se da cuando una persona se ve beneficiada por el uso de ese bien sin haber incurrido en ningún tipo de costo para disfrutar de él y hace que los costos de suministrarlo aumenten ya que puede gozar de estos bienes sin pagar.

De igual manera, cuando los mercados privados no quieren suministrar un bien o un servicio, aun cuando el coste de suministrarlo sea inferior a lo que los consumidores están dispuestos a pagar, existe un fallo de mercado conocido como mercado incompleto. Sin intervención del Estado los consumidores se quedarían sin su servicio o bien.

Las externalidades definidas como aquellas situaciones donde de manera indirecta o indirecta las acciones o actividades de los agentes económicos terminan perjudicando o beneficiando a terceras personas, sin que los responsables de estas acciones paguen o reciban una compensación por ello. Esta situación es muy común en todas las actividades del mercado, por lo general se les presta mayor atención a las externalidades negativas, es decir cuando las personas imponen costos a otros, pues estas en su mayoría provocan ineficiencia en el mercado.

También se plantea la participación del Estado por la existencia de información asimétrica, es decir, cuando uno o algunos de los agentes económicos, poseen más información, por lo que lo utiliza para obtener beneficios a su favor. Por lo general son los consumidores quienes poseen información incompleta, por lo que resultan más afectados.

Por otra parte, en los mercados se pueden dar otros desequilibrios como la inflación, el desempleo, estos como nos ha demostrado la historia son factores que inciden directamente en el bienestar de las personas.

Los fallos de mercado justifican la participación del Estado con el fin de mejorar la eficiencia y el bienestar. En particular, la generación de energía eléctrica centralizada o descentralizada se enfrenta a este tipo de fallos.

2.3 Teoría de captura del regulador

La captura regulatoria (CT²), es un elemento de estudio en la regulación económica, que se constituye por la influencia sobre el diseño e implementación de las políticas públicas. Esto implica la captación de las agencias regulatorias por representantes de las empresas reguladas mediante el rentismo³, cuando determinados grupos de interés propugnan leyes y normas que les provean una renta garantizada (Vallejo, 2016). Surgen cuando la regulación se suministra en respuesta a la demanda de regulación de la industria (en otras palabras, los gobernantes son capturados por la industria) o la agencia reguladora pasa a ser controlada por la industria con el tiempo (Viscusi et al., 2005).

Por lo tanto, se puede afirmar que esta es una teoría de regulación pro-productor, pues se piensa que la regulación se da de acuerdo al grado de influencia que estos tienen en los mercados. Sin embargo, al igual que sucede con el análisis normativo-positivo, esta teoría está abierta a muchas críticas, en primer lugar, se dice, que esta no tiene fundamentos teóricos, porque no explica cómo la regulación llega a ser controlada por la industria.

2.4 Teoría económica de la regulación

En la evidencia empírica se encuentra que la regulación no solamente está asociada con la existencia de fallas de mercado y también está lejos de ser exclusivamente pro-productora, dependiendo de la industria regulada, la regulación mejora el bienestar de los diferentes grupos de interés (Viscusi et al., 2005).

En busca de mejorar las teorías regulatorias, en el año 1971, George Stigler escribió un artículo, donde propuso una teoría económica de la regulación, en unión con el Análisis Normativo como Teoría Positiva y la Teoría de Captura. Stigler presentó un conjunto de supuestos y generó predicciones sobre qué industrias estarían reguladas y qué forma tomaría la regulación como implicaciones lógicas de estos supuestos.

² Por sus siglas en inglés (Capture Theory)

³ Obtención de beneficios o ventajas de la hacienda pública.

La premisa inicial del análisis de Stigler es que el recurso básico del Estado es el poder de coaccionar. Un grupo de interés que pueda convencer al Estado de que use su poder de coerción en beneficio de ese grupo de interés puede mejorar su bienestar. La siguiente premisa es que los agentes son racionales en el sentido de elegir acciones que maximizan la utilidad. Estos dos supuestos dan como resultado la hipótesis de que la regulación se suministra en respuesta a las demandas de los grupos de interés que actúan para maximizar sus ingresos (Viscusi et al., 2005).

Asimismo, años más tarde, Sam Peltzman agrega 3 supuestos más que según el son indispensables para que esta hipótesis funcione, este plantea:

1. El Estado regulador es quien redistribuye la riqueza, puede hacer otras cosas, pero el principal determinante del sistema de regulación es la forma en que transfiere la riqueza entre los miembros de la sociedad (Viscusi et al., 2005).
2. El comportamiento de los dirigentes está impulsado por su deseo de permanecer en el cargo, lo que implica que la legislación está diseñada para maximizar el apoyo político (Viscusi et al., 2005).
3. Los grupos de interés compiten ofreciendo apoyo político a cambio de una legislación favorable (Viscusi et al., 2005).

Posteriormente, Gary Becker, en contraposición a Stigler y Peltzman, postula que la teoría económica de la regulación se basa en un gobernante o regulador que elige la política regulatoria para maximizar el apoyo político. Por el contrario, la formulación de Becker se centra en cambio en la competencia entre grupos de interés. Suprime el papel del legislador / regulador al asumir que políticos, partidos políticos y votantes, transmiten la presión de los grupos activos (Viscusi et al., 2005).

Según este autor, se supone que la regulación se utiliza para aumentar el bienestar de los grupos de interés más influyentes, esto incluye todo tipo población (consumidores, productores, intermediarios, etc.).

Con tres visiones guiando la teoría (Stigler- Peltzman- Becker), se desarrolló la teoría de la regulación económica, que utilizó el análisis normativo-positivo y la teoría de captura como base. Según Viscusi et al., (2005), con esta teoría, los resultados obtenidos caracterizan la forma de regulación y predicen qué industrias se regularán.:

1. Hay una tendencia a que la regulación beneficie a grupos relativamente pequeños con fuertes preferencias por la regulación a costa de grupos relativamente grandes con preferencias débiles por la regulación. En muchos casos, la implicación de este resultado es que la regulación favorecerá al productor.
2. Incluso si la regulación favorece al productor, la política (en particular, el precio) no se establecerá de manera que maximice los beneficios de la industria. Debido a la influencia restrictiva de los grupos de consumidores, el precio se fijará por debajo del nivel de maximización de beneficios.
3. La regulación es más probable en industrias relativamente competitivas o monopólicas porque es en esas industrias donde la regulación tendrá el mayor impacto en el bienestar de algún grupo.
4. La presencia de una falla del mercado hace que la regulación sea más probable porque la ganancia para algunos grupos de interés es grande en relación con la pérdida para otros grupos de interés. Como resultado, el primero tendrá más influencia en el proceso legislativo, ceteris paribus.

2.5 Instrumentos de regulación

Existe muchas formas mediante el cual el Estado puede ejercer regulación de los mercados, puede ser estableciendo una estructura legal básica para la definición y protección de los derechos de propiedad y su protección; la regulación económica de la actividad, mediante el establecimiento de reglas, premios y castigos, la vigilancia de la calidad de los bienes y la información que se brinda, etc.; la financiación, que consiste en el establecimiento de impuestos (financiación propia) y subvenciones (financiación privada); producción pública de bienes y servicios; y las transferencias de renta, que es una forma indirecta de reasignar los recursos (Albi Ibáñez et al., 2000).

Le regulación a través de instrumentos económicos es uno de los métodos de intervención preferido por el Estado, pues lo hace de manera indirecta, es decir, con este el Estado puede ayudar a mejorar el funcionamiento del mercado, pero sin tener que implicarse directamente como productor o consumidor de bienes.

Si la actividad del estado hace posibles los intercambios competitivos, la intervención pública mediante la regulación consigue alterar la asignación competitiva de los recursos sin

trastocar el mecanismo básico del mercado. Consumidores y productores privados siguen siendo los protagonistas de las decisiones de producción y de consumo (Albi Ibáñez et al., 2000).

Existen 3 instrumentos económicos de regulación conocidos, control de precios, cantidad y de entrada y salida, por lo general se aplican en combinación para lograr una regulación adecuada.

La regulación de precios suele ser la más común, puede especificar un precio particular que las empresas deben cobrar o, en su lugar, puede restringir a las empresas a fijar precios dentro de algún rango. La especificación de una estructura de precios en lugar de un solo precio aumenta en gran medida la complejidad de implementar la regulación económica y puede resultar en pérdidas adicionales de bienestar (Viscusi et al., 2005).

Mientras que las restricciones sobre la cantidad de un producto y las barreras de entrada por lo general se utilizan en conjunto con la regulación de precios, sobre todo con este último, pues “el precio y el número de empresas son determinantes clave tanto de la eficiencia productiva como de la asignación” (Viscusi et al., 2005, p.357).

Control de precios:

La regulación de la tarifa por parte del regulador debe cumplir un conjunto de objetivos económicos. En primer lugar, no debe ser abusiva con los consumidores, y al mismo tiempo, asegurar un retorno adecuado a la inversión realizada por la empresa. Junto a eso, debe lograr incentivar un estándar de calidad, lograr que las inversiones permitan sustentar el servicio en el tiempo, y producir los incentivos que eviten las ineficiencias productivas al usar de la mejor forma posible los insumos productivos y la mejor tecnología disponible (Bernal, 2019).

A continuación, se presentan algunos de los enfoques comúnmente utilizados en la regulación de precios de los servicios públicos. En el caso costarricense, la definición de tarifas eléctricas sigue principalmente el enfoque de tasa de retorno.

Tasa de Retorno o Cost-plus:

Con esta se pretende calcular las tarifas de acuerdo a los costos unitarios de proveer el servicio más una tasa de retorno preestablecida. De esta forma, tiene como objetivo fijar

un precio que asegure que la empresa obtenga un retorno justo (beneficios normales o económicos) por las inversiones realizadas, es decir, obtenga exactamente su costo de oportunidad por el capital invertido en la actividad. Este esquema garantiza la viabilidad financiera de la empresa al reconocer los costos incurridos más una rentabilidad razonable (Dammert et al., 2013).

La aplicación requiere de información perfecta entre el ente regulador y la empresa, pues para determinar una tasa de retorno o de ganancia es necesario tener todos los insumos para determinar una tasa correcta, es decir ni mayor ni menor.

Según Pérez y Espejo (2006), en su informe “Introducción a la regulación de tarifas de los servicios públicos”, este método es el uno de los más utilizados para regular los mercados, pero al igual que cualquier método de aplicación pública, presenta tanto ventajas como desventajas en su funcionamiento. Entre las ventajas, se puede destacar la facilidad que se da a los reguladores de aplicar mecanismos de subsidios cruzados entre consumidores. Además, se reduce el riesgo de mercado, esto debido a su capacidad de ajustar los parámetros de las tarifas en periodos cortos de tiempo, por lo que es posible ajustarse ante cualquier cambio o shock imprevisto.

Asimismo, como desventaja, puede producirse el efecto Averch-Johnson, que consiste en que, debido al abaratamiento relativo del capital, que resulta de la regulación de la tasa de ganancia o retorno, la empresa regulada demanda más capital que el que haría en condiciones de no regulación, maximizando sus beneficios. Por otra parte, este tipo de regulación presenta ausencia de incentivos de eficiencia, ya que cualquier gasto operativo se puede trasladar de la empresa al consumidor mediante las tarifas aprobadas, por lo que se prefiere mantener la producción estable y sin cambios durante años. Además, la empresa no tiene incentivos a ser eficiente en la medida que los precios que le autorizan guardan relación con los costos en los que incurre.

Precio Máximo (Price Cap):

Un precio máximo es el límite superior para el precio de un producto que no puede sobrepasarse y que las autoridades administrativas fijan cuando deciden intervenir un sector industrial estableciendo un precio político o legal para el producto.

Tiene como propósito fijar el máximo precio que puede cobrar el monopolio, y así dar el incentivo a las empresas reguladas para la reducción de costos. Para su aplicación requiere que el regulador cuente con la información relevante de la empresa y el mercado en el que actúa, lo que no se cumple en un contexto de información asimétrica (Bernal, 2019).

Según Ania (2015), existen cuatro problemas que se pueden derivar de fijar un precio máximo, ineficiente asignación de recursos, desaprovechamiento de recursos, calidad ineficientemente baja de los productos y fomento de actividades ilegales como lo son los mercados negros, donde se vende los productos a un menor precio pero de manera ilícita.

De igual forma se puede hacer una regulación con ingreso máximo, siguiendo el mismo hilo del precio máximo, “se estima que con esta la firma tiene incentivos para reducir costos y así aumentar su rentabilidad” (Bernal, 2019, p.6).

Regulación por comparación (Yardstick Competition):

Esta regulación pretende comparar el desempeño de empresas que tienen características similares, y así obtener la eficiencia individual de cada empresa. De esta forma se busca obtener una referencia que permita determinar el precio de la actividad desarrollada por el monopolista. Para esto, se requiere que la empresa transparente la información relevante, y además operen en entornos comparables. Una vez calculada la eficiencia individual de cada empresa, el costo reportado es corregido con respecto a su nivel relativo de eficiencia con relación a las otras empresas que están operando en el mercado (Bernal, 2019).

Barreras de Entrada y Salida:

Las barreras de entrada y salida son un común denominador tanto para el mercado privado como para el Estado y el interés público, cuando se utiliza como regulación se puede observar de distintas formas.

En primer lugar, se puede controlar la entrada de nuevas empresas, como suele hacerse en la regulación de los servicios públicos. Además de controlar la entrada de nuevas empresas, una agencia reguladora también puede controlar la entrada de empresas reguladas existentes (Viscusi et al., 2005).

Existen 3 tipos de barreras de entrada, las legales son todo tipo de normativa que establecen los Estados, que impiden que una empresa pueda ingresar al mercado; las barreras naturales son las que se derivan fundamentalmente de tecnología y de la situación de mercado específica de esa tecnología, pues las empresas establecidas pueden producir con menores costes que las que intentan entrar en el mercado; y las estratégicas, estas son maniobras que emplean cada empresa de acuerdo a su situación para obtener el mejor resultado posible en su producción.

Una base para la regulación de salida es que la regulación se esfuerza por brindar servicios a un conjunto más amplio de consumidores de lo que sería cierto en un mercado libre. Alcanzar este objetivo puede implicar que las empresas reguladas atiendan mercados no rentables, lo que crea la necesidad de regulaciones que prohíban a una empresa regulada abandonar un mercado sin la aprobación regulatoria (Viscusi et al., 2005).

3. METODOLOGÍA

El presente cuaderno de trabajo parte principalmente de una revisión bibliográfica sobre los orígenes y evolución de la generación de energía eléctrica distribuida, la teoría de la regulación económica y el estado actual de la generación distribuida en Costa Rica. Para su elaboración se aborda del tema desde la perspectiva de otros autores, con el fin explorar los distintos procesos y realidades en los que se ve sumergida esta temática. Adicionalmente, se incluyen algunos datos de tipo cuantitativa que permiten complementar el abordaje temático.

La revisión bibliográfica se basó en las siguientes etapas:

- i. Búsqueda de información en repositorios institucionales y en Google académico a partir de palabras claves como: energías renovables, distribución de energía, energía descentralizada, recursos distribuidos, entre otros. Para este fin se revisan bancos de datos y repositorios de 2010 hasta el 2020.

- ii. Búsqueda bibliográfica a profundidad de artículos, libros, estudios y tesis disponibles en sitios web de instituciones públicas, como son el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), entre otros.

iii. Búsqueda de información en revistas, periódicos y medios de comunicación disponibles en la web, que permitieran seguir los acontecimientos de la generación distribuida desde la realidad nacional e internacional.

iv. Análisis y sistematización de estadísticas descriptivas relacionados con la generación distribuida en Costa Rica y proporcionadas por la ARESEP.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La transición del sistema de generación centralizado actual hacia un sistema de generación distribuida, requiere un proceso de adaptación a nivel de infraestructura, pero también de cambios en el marco regulatorio y legal. Para autores como Romero (2015), el futuro de las infraestructuras eléctricas se encuentra en las redes inteligentes de transporte y distribución que se realizan mediante Redes Eléctricas Inteligentes de Distribución (REID).

Las REID se pueden definir como la sinergia (desarrollo conjunto) de la red eléctrica tradicional con modernas tecnologías de información, medición, protección, control y comunicación que permite una operación técnica-económica más eficiente, segura y confiable de la red, mejorando la calidad del servicio (Samper, 2020). Lo que permiten las REID es el desarrollo conjunto de la generación centralizada y distribuida, generando un beneficio a los consumidores y productores de este servicio, pues pueden utilizar ambas de manera conjunta en pro de sus necesidades.

Actualmente, la literatura muestra como la generación distribuida se ha vuelto un modelo a seguir por su relación positiva con el medio ambiente, ya que permite abastecer el incremento de demanda del servicio eléctrico y a la vez, ayudar en el proceso de concientización hacia el desarrollo sostenible.

Muchos países se han destacado en la producción de energía distribuida mediante fuentes como la solar. Según el reporte PVPS4 de la International Energy Agency (2019), los más importantes son: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, China, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Israel, Italia, Japón, Corea, Malasia, Marruecos, Países Bajos, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Tailandia. Al mismo tiempo los países

⁴ Photovoltaic power systems (sistemas de energía fotovoltaica)

latinoamericanos están dando pasos hacia la generación distribuida. En una región donde la energía hidroeléctrica representa más de la mitad de la electricidad que se genera en 12 países latinoamericanos: Brasil, Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Uruguay, Paraguay, El Salvador y Nicaragua (Rennie, 2019).

La generación distribuida está respondiendo a la necesidad de diversificar la matriz energética hacia fuentes renovables y no convencionales de generación. Los países que han incursionado e iniciado una transición hacia este modelo han encontrado un motivo de carácter ambiental y económico para ello, tal como se presentará más adelante cuando se aborde la experiencia internacional.

La generación distribuida plantea resolver los problemas que el sistema de generación tradicional impone, por lo que se puede deducir que este nuevo modelo genera un impacto positivo con su aplicación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que es un sistema de generación considerablemente reciente, por lo que es inevitable que aún se encuentren fallas o anomalías en este modelo, tanto técnicas, económicas y regulatorias.

4.1 Ventajas de la generación distribuida.

Las ventajas se pueden resumir en incrementos de la confiabilidad, aumento de la calidad de energía, reducción del número de interrupciones, uso más eficiente de la energía, uso de energía renovables, flexibilidad de generación y oportunidad de negocio (Colmenar et al., 2015).

Por lo general, en la actualidad lo que muchas de las personas, empresas y países buscan en la generación de energía distribuida, es una reducción de sus costos, que les permitan maximizar sus ganancias y, por lo tanto, se convierta en una inversión rentable para su negocio o consumo. Uno de los principales beneficios observados es el carácter económico, existen varios factores en la GD que permiten esa reducción de costos:

1. La tecnología de la GD es modular⁵ y puede ser producida en masa por la industria, esto significa que sus costos bajarán con la producción masiva; además, una estandarización de los componentes, de la interconexión y de los permisos de instalación facilitará su producción e implementación (Quintero, 2008)

⁵ El modularidad es una característica intrínseca de los sistemas distribuidos. Al no ser equipos centralizados estos pueden movilizarse fácilmente cuando se requiera (Valverde Mora et al., 2015).

2. Menor costo de capital para suplir la demanda energética: Debido a que el esquema de generación distribuida coloca fuentes de generación de pequeña escala cerca de las cargas, y los costos de dicha instalación son asumidos directamente por los usuarios en el caso de sistemas para autoconsumo, el volumen de capital de construir infraestructura de generación se disminuye (Valverde Mora et al., 2015).

3. Mejor utilización y extensión de la vida útil de los activos en el sistema de distribución: La instalación de generación cerca de los puntos de carga conlleva un cambio en la cadena de valor de la energía, el desgaste se reduce puesto que los equipos soportan menores niveles de carga, extendiendo la vida útil en algunos casos (Valverde Mora et al., 2015).

4. Redistribución de los riesgos financieros entre diferentes actores: La reducción en los costos de capital mencionados previamente son transferidos hacia los diferentes agentes que coloquen equipos distribuidos. Al redistribuir los costos entre varios agentes, se reparten de la misma forma los riesgos asociados a la inversión requerida para suplir la demanda (Valverde Mora et al., 2015).

5. Permite crear valor mediante la inclusión de nuevos bienes: Al incorporar la capacidad de generar energía en propiedades, centros industriales y de comercio, se añade valor a las operaciones económicas de dichos sitios (Valverde Mora et al., 2015).

En general, se da un menor costo de capital en sistemas de generación, transmisión y distribución para las empresas prestadoras de servicios eléctricos, debido a que las unidades de GD sustituyen capacidad de generación centralizada, por lo que se reduce la necesidad de expandir el sistema de transmisión (Monge & Echeverria, 2017), por lo tanto se generan una reducción de costos en todas las áreas mencionados anteriormente.

Otro tipo de beneficios resultan ser de carácter técnico. Comúnmente estos beneficios son desconocidos por los consumidores al no ser tangibles, aun así, estas son de vital importancia pues crean un bienestar a los demandantes directamente en lo que es producción eléctrica.

1. Mejora el perfil de tensión: Permite brindar mejor soporte de tensión en áreas de alta demanda de energía. Además, por medio de mecanismos de control se pueden utilizar para regular la tensión en la red (Valverde Mora et al., 2015).

2. Menor impacto de la incertidumbre de fuentes renovables debido a la dispersión geográfica: Un mayor número de sistemas dispersos de generación de pequeña escala tiene menor impacto que un menor número de unidades grandes conectados en un mismo circuito o área (Valverde Mora et al., 2015).

3. Reducción de pérdidas: La reducción de las pérdidas está relacionada con la disminución en el flujo de potencia que se trasiega por los equipos del sistema de distribución (Valverde Mora et al., 2015).

La Generación Distribuida facilita la concientización y participación de los consumidores en estrategias de implementación de medidas de eficiencia energética, ofreciendo beneficios de tipo social. Estas modalidades de generación eléctrica contribuyen a hacer más viables el diseño y construcción de edificios altamente eficientes que combinen las nuevas tecnologías de ahorro energético, con generación propia de electricidad. Asimismo, la instalación de GD sensibiliza y acrecienta el interés de los consumidores en el análisis y gestión de sus curvas de consumo (Monge & Echeverria, 2017). La interacción con las personas crea sensibilización y concientización respecto a la generación de energía como tal y todos los aspectos alrededor de este.

Adicionalmente, se fomenta una mayor independencia energética al incorporar principalmente fuentes locales: La generación distribuida a partir de fuentes libres de emisiones y biomasa promueve el suministro de electricidad a partir de recursos locales (Valverde Mora et al., 2015).

Una generación dispersa y basada en las fuentes energéticas locales, diversifica los recursos y aumenta la autosuficiencia de una región (Quintero, 2008). La decisión de uso de la GD por una empresa eléctrica, le ayuda a afrontar los problemas de aumento de la demanda en regiones urbanas o rurales, donde la distribución es restringida (Quintero, 2008).

Por último, pero no menos importante las ventajas medio ambientales, esta área es una de las más destacadas y reconocidas alrededor del mundo, pues está directamente ligado al bienestar futuro de la población, debido a que se asegura el funcionamiento y cuidado del medio ambiente. La GD contribuye a reducir el impacto ambiental de la industria de generación de electricidad, pues sus efectos son de menor escala, más diseminados en el

territorio y a menudo, más controlables (Monge & Echeverria, 2017) . Estos beneficios se pueden agrupar en dos grandes elementos:

1. En general, se puede decir que los proyectos de GD se enfocan a un mayor desarrollo sostenible. Comparado con la producción de energía eléctrica en estaciones centrales, la generación por electricidad distribuida produce menos contaminación y es más confiable y eficiente energéticamente (Quintero, 2008).
2. La GD con fuentes de energía como la solar, la eólica o la hidroeléctrica no generan emisiones de gases de efecto invernadero u otro tipo de gases dañinos para la salud o el ambiente (Monge & Echeverria, 2017).

4.2 Desventajas de la Generación Distribuida

Al igual que en las ventajas, se proponen una agrupación general de las desventajas de la generación distribuida, estas son: Falta de madurez, las redes de distribución son típicamente radiales con barreras de mercado y algunas deficiencias ambientales (Colmenar et al., 2015).

Este tipo de generación de energía es relativamente nueva por lo que es común encontrar fallas en su aplicación, hay que aclarar que es muy posible que, con el avance tecnológico actual, muchos de estos problemas se puedan llegar a corregir eventualmente. Entre ellos se pueden citar:

1. Variaciones súbitas de potencia por la dependencia de factores climáticos, como el sol y el viento, los cuales presentan intermitencia de disponibilidad (Bazurto Cubillos et al., 2016).
2. La necesidad de definir la capacidad y control de inyección de la energía por la subestación, para que exista un menor porcentaje de sobretensiones y distorsiones armónica. Lo anterior, conlleva a tener la capacidad necesaria para no alterar la coordinación de aislamientos planteados para los equipos existentes en la red de distribución (Pachar Sari & Quizhpi Tuquiñagui, 2020).
3. Dificultad para la coordinación de protecciones como consecuencia de la variación en los niveles de cortocircuito de la red y flujos bidireccionales (Bazurto Cubillos et al., 2016).

4. Desequilibrios de voltaje en la red en potencia por penetración de fuentes de generación monofásicas (Bazurto Cubillos et al., 2016).

Las redes de distribución son típicamente, radiales y están diseñadas para llevar el flujo de energía en una sola dirección mientras que la generación distribuida requiere de flujos que se muevan en ambas direcciones, por lo tanto, surge la necesidad de tener sistemas de distribución malladas o en anillos. Esto supone un problema en redes existentes ante la imposibilidad, tanto técnica como económica, de poder llevar a cabo un mallado de la misma (Colmenar et al., 2015).

El punto anterior eleva el precio de cualquier servicio de generación distribuida que se le da a los consumidores. Los costos de las energías renovables para la generación Distribuida son relativamente elevados en cuanto a la instalación, por lo que el retorno de la inversión dado los kWh es a largo plazo, lo que en algunos casos hacen poco atractivo optar por este recurso a los inversionistas (Pachar Sari & Quizhpi Tuquiñagui, 2020).

Por último, es necesario recordar que no hay un desarrollo óptimo de regulaciones para establecer protocolos de conexión de los equipos de generación distribuida al sistema de generación eléctrica (Pachar Sari & Quizhpi Tuquiñagui, 2020). Sin embargo, este punto lo analizaremos más adelante en este documento, pues el problema de regulación va más allá de lo que respecta al equipo, por lo que se analiza en detalle más adelante.

Aunque la principal característica de la GD es la unión con las fuentes de energías renovables, es inevitable que se presenten algunos inconvenientes asociados al tema ambiental. Según US EPA (2015):

1. Los sistemas de generación distribuida requieren una “huella” (ocupan espacio), y debido a que están ubicados más cerca del usuario final, algunos sistemas de generación distribuida pueden ser desagradables a la vista o causar problemas de uso de la tierra.

2. Las tecnologías de generación distribuida que involucran la combustión, en particular la quema de combustibles fósiles, pueden producir muchos de los mismos tipos de impactos que las centrales eléctricas más grandes alimentadas con combustibles fósiles, como la contaminación del aire. Estos impactos pueden ser

de menor escala que los impactos de una gran central eléctrica, pero también pueden estar más cerca de áreas pobladas.

3. Algunas tecnologías de generación distribuida, como la incineración de desechos, la combustión de biomasa y la combinación de calor y energía pueden requerir agua para generar vapor o enfriar.

4. Los sistemas de generación distribuida que utilizan combustión pueden ser menos eficientes que las centrales eléctricas centralizadas debido a las eficiencias de escala.

4.3 Desafíos de la Generación Distribuida de energía

Conforme avanza el uso y manejo de este tipo de generación de energía, empiezan a aparecer constantes retos en su aplicación tanto de carácter técnico, económico, regulatorio y ambiental.

Como se mencionó anteriormente, la generación centralizada es el sistema implementado alrededor del mundo, por lo que las redes de distribución no están diseñadas para este nuevo tipo de generación. Esto provoca fallas como: “incrementos, fluctuaciones y desbalances de la red de tensión, flujos de potencia inversos, sobre carga de equipos, distorsión armónica, creación de islas eléctricas no intencionadas, aumento de corrientes de falla, impacto en coordinación de protecciones” (Valverde Mora et al., 2015, p.31).

Por lo que uno de los retos a los que se enfrenta la Generación de energía, es ser capaz de crear un servicio adecuado a sus consumidores, utilizando los sistemas de distribución ya existentes. Además, teniendo en cuenta que se requieren de elevados costos de instalación, “varias de las tecnologías presentan altos costos de inversión con respecto a las tecnologías convencionales. Teniendo en cuenta que los precios aún no son estables y dependen mucho de los niveles de producción y del desarrollo tecnológico” (Trebolle, 2006, p.38).

El desafío anterior afecta principalmente a la distribución de energía para autoconsumo, debido a que el mayor problema para monitorear los impactos en la red de la generación distribuida tipo autoconsumo es que hay pocos sistemas de medición instalados para estos generadores, pues no se justifica monitorear generación de pocos kW, cuya variación se oculta dentro de la variación de la carga (Valverde Mora et al., 2015). Además

de que los costos tan elevados, no permiten el acceso a todos, solo a un grupo selectivo de la población con ingresos altos.

Asimismo, existe otro desafío que engloba toda esta problemática es, la imposibilidad de entrar en el mercado de la generación eléctrica de energía, lo cual se constituye en una barrera de mercado y un problema regulatorio. Actualmente, la mayoría de las empresas generadoras centralizadas están bajo una estructura monopolística u oligopólica, esto lo que quiere decir, es que un número muy pequeño de empresas por país, son las que tienen a cargo la generación de energía, por lo que son las que tienen la mayoría del poder en la toma de decisiones con respecto a este tema. Esto trae consigo todo tipo de problemáticas, pues colocan barreras de entradas, algunas de estas pueden ser, control sobre precios del servicio, monopolización de los espacios, se amparan en reglamentaciones y asimetrías de información.

Otro desafío mucho más amplio tiene que ver con modificaciones en el marco regulatorio vigente. Esta problemática se presenta en la mayoría de los países donde se está iniciando la introducción de la generación distribuida. De no existir incentivos por parte del regulador, es muy difícil que la GD compita con las plantas convencionales donde el costo marginal es muy bajo, característica de las economías con alta rentabilidad debido, entre otras características, a su gran tamaño (Marín & Quintero, 2013).

La única forma de que se pueda implementar la generación distribuida es a través de las políticas públicas de regulación. La experiencia internacional dice que para avanzar en la producción de energías limpias, son necesarias políticas públicas que inviertan en Investigación y desarrollo (I+D), con el fin de aumentar la producción usando energías limpias y este aumento en la producción hace que se aprenda más de la tecnología, con una reducción en los costos de inversión importante (Marín & Quintero, 2013).

4.4 Experiencias en Generación distribuida alrededor del mundo

Actualmente la mayoría de los países del mundo están experimentando en el área de la generación eléctrica distribuida, ya que presentan una gran variedad de beneficios tanto económicos como técnico y ambientales. A manera de ejemplo, esta sección presenta el desarrollo de experiencias de generación distribuida para algunos países del mundo que pueden considerarse como casos de referencia en la materia.

En Europa han optado por la GD, ya que consideran que es una solución viable, económica y confiable. En gran parte de estos países la GD contribuye con el 10% de la capacidad instalada e inclusive países como Holanda y Dinamarca, la GD ha llegado a ocupar un 30% o 40% de la capacidad total instalada. En América Latina se están llevando procesos para adaptar las fuentes renovables de energía; Colombia está aplicando tecnologías como la GD que se orienta por zonas no interconectadas, rurales e industriales (Sánchez et al., 2018).

A continuación, se realiza un repaso por varios países que han incluido en su matriz energética la generación distribuida. En gran parte de los casos ha sido promovida mediante regulación que tiene como objetivo incrementar el uso de fuentes renovables de energía y reducir las emisiones contaminantes al ambiente. Sin embargo, también en muchos países ha recibido un fuerte impulso mediante instrumentos económicos, lo que ha permitido su proliferación de una forma acelerada.

Reino Unido:

Estableció como meta duplicar el objetivo que establece la Directiva de Energías Renovables de 2009 y generar más del 30% de su electricidad final mediante renovables en 2020 (Castro y Álvarez, 2016), creando un ambiente para promover este tipo de generación.

En el tema de la regulación, el Reino Unido no posee una reglamentación directa para la generación distribuida, pero si posee leyes o mecanismo indirectos como lo son las medidas ambientales que utilizan dos programas para controlar la producción de energía, la Obligación de Renovables (Renewables Obligation o RO) y las Primas a las Renovables (Feed-in Tariff o FIT). Para el caso de los RO desde el año 2017 se empezó a reemplazar por los Contratos por Diferencias (Contracts for Difference o CFD)

I. Obligación de renovables: Se trata de un programa gubernamental mediante el cual se obliga a que una parte de la electricidad que suministran los comercializadores sea de origen renovable (Castro y Álvarez, 2016)

Como mecanismo de control se cobra una sanción a quien no pague la obligación, este dinero se utiliza para cubrir los gastos del programa, en el caso de que no se utilice todo el dinero, este se reparte entre todas las empresas participantes.

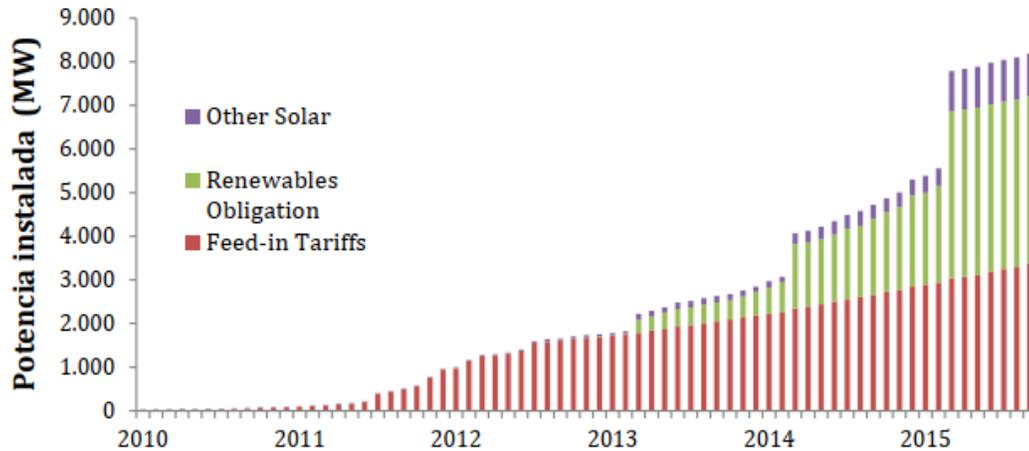
II. El Feed-in Tariff contempla una tarifa que remunera toda la electricidad que genera una planta elegible y otra, denominada export –tariff, que retribuye la proporción de esta generación que se inyecta en la red de distribución. El propietario de una planta elegible percibe un incentivo directo que consiste en la suma de lo que ingresa por toda la electricidad producida más lo que recibe por los kilovatios hora que inyecta en la red. Adicionalmente, percibe un incentivo indirecto por el coste que ahorra al producir él mismo la electricidad que de otra manera hubiera tenido que consumir de la red y pagar a precio de tarifa minorista (Castro y Álvarez, 2016).

Las FIT son compatibles con las RO, por lo general lo que se suele hacer es utilizar las FIT para potencias más bajas y las RO para las más altas.

III. Contratos por diferencia: garantizan la rentabilidad de las tecnologías de generación bajas en carbono (nuclear, renovables y CCS) a largo plazo, estableciendo un valor suelo y un valor techo de la compensación que la instalación va a recibir por la energía generada. Para ello, se acuerda el nivel de ingresos que recibirá la planta durante todo el periodo de contrato, basándose en el costo de inversión (strike price) de la tecnología baja en carbono en la que se quiera invertir. El generador recibe un pago equivalente a la diferencia entre el strike price y el precio medio de la electricidad (reference price) (Castro y Álvarez, 2016).

Estos mecanismos de regulación, aunque no fueron creados para la generación distribuida como tal, han permitido el desarrollo de estas bajo un control adecuado, por lo que el país ha experimentado un crecimiento de la producción de energía a través de las fuentes renovables, como se puede observar en el siguiente gráfico 1 donde la potencia instalada de generación solar fotovoltaica ha crecido a través de los años, bajo el control de estos mecanismos.

Gráfico 1. *Implementación mensual de potencial solar fotovoltaica en el Reino Unido*



Fuente: Castro y Álvarez (2016)

Dinamarca:

Este país es considerado como uno de los primeros países del mundo en utilizar la generación de energía distribuida. Este empezó su proceso de descentralización en 1980 con la producción de energía eólica y la cogeneración industrial (con una pequeña proporción de generación hidroeléctrica). Según Gischler & Janson (2011) Dinamarca marcó su camino hacia la producción de energía distribuida a través de metas verdes, diseñando una serie de planes energéticos para que el país fuera autosuficiente con los recursos energéticos renovables.

El segundo plan energético (1981) dispuso que la energía eólica suministrara el 8,5 % de la demanda para el año 2000. El tercer plan energético (1990) ordenó a los generadores de electricidad reducir las emisiones de CO₂ (- 20 %), dióxido de azufre (SO₂), (- 60 %), y óxido de nitrógeno (NO_x), (- 50) para el año 2000 respecto de los valores de 1988. El cuarto plan energético (1996) ordenó una nueva reducción de las emisiones de CO₂ (- 50 %) para 2030 en comparación con los valores de 1998. Estos planes también establecieron impuestos sobre la generación que emita CO₂ y azufre.

Para ejecutar los objetivos anteriores, el acuerdo de energía danés de 2004 bajó las condiciones de subsidios para las energías renovables usando un sistema incentivo de precios

garantizados para la inyección de los excedentes de medios de GD, en la red (Feed In Tariff – FIT) (Castillo, 2011). Además, mediante una ley para promover las energías renovables, creó una estructura compleja de tarifas FIT⁶ por tecnología, con tarifas de hasta cerca de \$ 0,11 por kWh para la tecnología eólica y solar fotovoltaica; y \$ 0,13 por kWh para la tecnología del biogás.

El modelo danés consiste en interacciones entre sectores y sistemas que establecen sinergias entre ellos, en lugar de centrarse en componentes y conceptos individuales. La cooperación público-privada, junto con marcos políticos y regulatorios estables, ha fomentado importantes innovaciones y avances en conceptos energéticos. Además, tiene una base triple: eficiencia energética, energía renovable e integración / desarrollo de sistemas, incluida la electrificación (Danish Energy Agency, 2016).

De esta manera, hasta el año 2015 alrededor del 56% de la oferta total de energía eléctrica de Dinamarca estaba explicada por fuentes renovables, principalmente por la energía eólica (42%) y la bioenergía (12%). Siguiendo el patrón de desarrollo de las energías limpias hasta 2017, las últimas cifras oficiales dan cuenta de que las mismas continúan incrementando su contribución en la matriz de generación eléctrica, y un claro ejemplo es el de la energía eólica que el año 2017 proporcionó el 43,6% de la demanda de electricidad de ese país (Cano & et al., 2018).

México:

La GD se utiliza en México desde la década de 1990, cuando se introdujeron reformas para permitir la participación privada en la generación de energía. A escala comercial, varias alternativas de GD renovables ya son económica y comercialmente viables (Gischler & Janson, 2011).

Al igual que en el caso de Dinamarca, México se ha caracterizado por ejecutar distintas leyes y regulaciones que respalden el desarrollo de las energías renovables en el país, la ley más reciente que se aprobó en el país para la generación distribuida fue la Ley de Transición Energética, en diciembre del 2015, esta regula el uso sostenible de la energía,

⁶ Las tarifas FIT no se definen como subsidios sino simplemente como ofertas firmes para comprar energía a un precio predeterminado durante un período también predeterminado y sujeto a ciertos requisitos técnicos.

articula las obligaciones de la industria eléctrica con respecto a los objetivos de energía limpia, y establece un sistema de certificado de energía limpia negociable para cumplir los objetivos de energía limpia (Aznar et al., 2018).

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) es la encargada de diseñar, implementar y hacer cumplir una gama de regulaciones económicas y técnicas en los sectores de electricidad, petróleo y gas natural de este país. Esta busca generar una compensación hacia los clientes para que genere una mayor utilización de este tipo de energía distribuida, la CRE influye en los clientes a través de 3 formas: arreglos de Medición y facturación, diseño de tarifa de venta y diseño de tarifa minorista (Aznar et al., 2018).

Tabla 2. *Compensación de la Comisión Reguladora de Energía a sus clientes*

¿Cómo puede la CRE influir en la compensación del cliente de GD?	
Arreglos de Medición y Facturación	La CRE define cómo se miden y facturan los flujos de electricidad relacionados con el consumo y la generación. Opciones comunes que incluyen medición neta de energía (net energy metering [NEM]), facturación neta (net billing [NB]), y venta total de energía (buy-all, sell-all [BASA]).
Diseño de tarifa de venta	La CRE define el nivel exacto de compensación que recibe el propietario de un sistema GD por la electricidad exportada desde el sistema GD a la red pública y también establece las condiciones bajo las cuales los clientes reciben créditos y/o pagos en efectivo por sus exportaciones.
Diseño de tarifa minorista	La CRE define los cambios en las tarifas minoristas para los clientes que instalan los sistemas GD, y también para las tasas de venta al por menor de manera más amplia, que puedan tener implicaciones financieras para los propietarios de GD bajo los acuerdos de Net Energy Metering y Net Billing.

Fuente: Programa Fotovoltaico Distribuido de USAID, (Aznar et al., 2018).

México posee una significativa potencialidad en la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, principalmente en lo referido a la energía solar y eólica. No obstante, el Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (CIEP) en un informe de 2017 sobre energía fotovoltaica, muestra que, a pesar de ser uno de los países con mayor territorio y exposición a la radiación solar (5,5 kWh por m²), es también uno de los que menos la explota (Cano et al., 2018).

Argentina:

Para el caso de este país, la regulación de la generación distribuida es relativamente reciente, por lo que no posee una expansión significativa, las fuentes de energía renovable poseen tan solo el 2% de la generación eléctrica local (Cano et al., 2018)

En Argentina, la aprobación de la ley N° 27.424 de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública (LGD) conforma el siguiente paso dentro del plan de transición hacia una matriz de generación eléctrica con mayor presencia de energías limpias, luego de establecer un marco sólido para el fomento a la inversión y uso de las energías renovables a gran escala.

Según Cano et al. (2018) dentro de esta ley se crearon el Fondo para la Generación Distribuida de Energías Renovables (FODIS), que tendrá como fin proveer de recursos y financiamiento para fomentar la GD a través de un programa de préstamos, subsidios y bonificaciones; como así también del Régimen de Fomento para la Fabricación Nacional de Sistemas, Equipos e Insumos para Generación Distribuida a partir de fuentes renovables (FANSIGED), que buscará incentivar la fabricación nacional de equipos, sistemas e insumos relacionados a la GD renovable.

Asimismo, para netear o compensar los valores de los flujos consumidos desde la red contra los que se inyectan a la misma, la ley fija el de balance neto de facturación (o net-billing), por medio del cual se compensan los valores monetarios de la energía eléctrica demandada e inyectada.

Estados Unidos:

Este país presenta la singularidad de que cada Estado posee un nivel de generación distribuida distinto, debido a las características físicas de cada lugar y los gustos de sus habitantes y dirigentes. De forma general, la reglamentación para la generación de energía de este país se puede clasificar en dos grandes grupos: incentivos económicos o políticas regulatoria.

Los incentivos económicos disminuyen el coste que conlleva instalar un sistema de generación eléctrica y a pesar de la diversidad de programas existentes, los más comunes se pueden clasificar en dos grupos: los incentivos en efectivo directo (rebajas, subvenciones e incentivos basados en el desempeño, etc.) por una parte y los créditos fiscales (reducen la obligación tributaria o fiscal correspondiente al coste de comprar e instalar un sistema de generación) por otra (Castro & Álvarez, 2016)

En cuanto a las políticas regulatorias de pueden destacar 3 que son las más utilizadas: Cartera de Renovables (RPS), Balance neto y Primas a la renovable (Feed-In Tariff). La cartera de renovables es básicamente lo mismo que las obligaciones que se explicación en el caso del Reino Unido, este obliga que un porcentaje de la electricidad que suministran las empresas de servicios públicos⁷ tenga origen renovable, es obligatorio en 29 Estados, Washington D.C. y 3 territorios del Commonwealth; es voluntario en otros 8 estados y en 1 territorio (Castro & Álvarez, 2016).

El Balance Neto consiste en un acuerdo de facturación mediante el cual las empresas de servicios públicos conceden al consumidor un crédito equivalente a la cantidad de generación eléctrica que éste último haya generado en exceso y que haya inyectado en la red que podrá descontar de su factura eléctrica. Aunque depende de la legislación estatal, es reconocido por casi todos los estados y permite a los "prosumidores" maximizar el uso de la electricidad que generan (Castro & Álvarez, 2016).

Colombia:

En este país se empezó a hablar de generación distribuida en el momento que se liberaliza el mercado. Las leyes 142 y 143 de 1994 permitieron la sana competencia en las actividades de generación y comercialización. Con la apertura de mercado ingresaron participantes privados que al negocio de la generación de electricidad (Carvajal & Marín, 2013).

Sin embargo, por muchos años en Colombia la generación distribuida no estuvo ni definida ni reglamentada en el país. Hasta el 2014 se introdujo por primera vez la definición

⁷ Empresa de servicios públicos

de generación distribuida a través de la Ley 1715. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, sin embargo esta definición no explicaba correctamente las distintas funciones que tenía la generación en el país, por eso en el 2018 se introdujo otra definición, en esta se explicaba que para el caso colombiano no es lo mismo referirse a la autogeneración o generación distribuida, y la estructuración jurídica y el marco legal aplicable dependiendo si se trata de una u otra, es completamente diferente (Hernández, 2019).

En cuanto a la regulación, la normativa era prácticamente nula, después de introducir la ley del 2014 se ha tratado de instituir marco legal, normar, promocionar, aprovechar las fuentes de energía renovable, incentivar la inversión, investigación, desarrollo de tecnologías limpias, la eficiencia energética, producir energía, respuesta de la demanda (Guillén, H. R., & Alonzo, 2020). En el 2018 se publica una regulación para la generación distribuida, sin embargo, esta solo presenta a la generación distribuida, sus características y definiciones; dejando por fuera aspectos como regulación de precios y aspectos que afectan directamente a los participantes de la generación distribuida.

Alemania:

Alemania ha destacado en toda Europa por su producción de energía renovable acelerado, entre el 2000 y 2014 su crecimiento fue mayor al 20%, el porcentaje energía renovables en la producción eléctrica, pasó del 3,4% en 1990 al 25,4% en 2013 y 27,8% en 2014. Las tecnologías de producción de electricidad renovable que más han crecido han sido la eólica, solar fotovoltaica y la biomasa/biogás (Romero, 2015)

En cuanto al marco legal, este país ha desarrollado una serie políticas para respaldar la generación distribuida que le han permitido posicionarse como un país pionero en generación de electricidad a través de fuentes renovables. Según Romero (2015) se pueden destacar 3 políticas en este ámbito.

- Renewable Energies Heat Act (EEWärmeG): pretende aumentar el porcentaje de renovables para usos térmicos en edificios.

- Combined Heat and Power Act (KWKG): apoya la construcción, modernización y operación de plantas de cogeneración y redes de distribución de calor.
- Renewable Energy Act (EEG) en el sector eléctrico: Este se basa en 5 puntos esenciales para propiciar la producción de energía a través de fuentes renovables.
 1. Protección de la inversión mediante incentivos.
 2. Prioridad de conexión y acceso a red: las plantas generadoras de electricidad renovable tienen prioridad de conexión a la red eléctrica.
 3. Protección de los intereses legítimos de los productores frente a futuros cambios de la normativa: la protección se extiende a la tarifa fija que deben recibir, a la prioridad de acceso a red y al periodo de retribución garantizado por ley.
 4. Principio de la carga compartida: El FIT y el market premium no son subsidios públicos, sino que los costes se reparten entre los consumidores, que los pagan mediante el recargo EEG de sus facturas eléctricas.
 5. Innovación mediante la reducción de FIT: A medida que se reducen los costes de las tecnologías renovables (debido, entre otras cosas, a la producción en masa y a la mejora de la eficiencia), se reduce la retribución por kWh producido.

España:

Para el año 2015 España se ubicaba en la segunda posición de países de Europa en utilizar las fuentes renovables para el consumo de energía eléctrica. En 2010, el 29,7% del consumo de electricidad procedía de fuentes renovables (la Directiva 2001/77/CE establecía para 2010 un objetivo indicativo del 29,4%). En 2013 y 2014, el 42,4% y el 42,8 respectivamente del consumo de electricidad procedía de fuentes renovables superando el objetivo obligatorio del 39% establecido para el 2020 (Romero, 2015).

Al igual que otros de los países, la regulación de la generación distribuida llegó a España a partir de la liberalización del sector eléctrico, esto implicó una modificación importante de su organización, sobre todo en la actividad de generación,

que pasa de tener un alto grado de centralización a favorecer la proliferación de múltiples productores independientes (Romero, 2015).

Aproximadamente desde 1990 hasta la actualidad se han desarrollado una serie de normativas alrededor de generación de energía con fuentes renovables, estas normativas abarcan todo tipo reglamentación tarifaria, técnicas y procedimientos a seguir para los participantes de este sector. La reglamentación más reciente han sido la creación de las subastas, estas buscan generar ayudas públicas para la instalación de proyectos de energía de fuentes renovables.

4.5 Estado actual de la Generación distribuida en Costa Rica

Según el Plan Nacional Energía 2015-2030, propuesto por el (MINAE, 2015), la generación distribuida ha sufrido retrocesos por el inadecuado diseño del esquema de negocios, además no se cuenta con estudios que determinen el esquema de negocios que involucre a todos los afectados, pasivos o activos. Por lo que se debe determinar su impacto en las empresas eléctricas y planificar adecuadamente el esquema de desarrollo de esta actividad.

Breve historia de la generación eléctrica en Costa Rica

La historia de la producción de energía distribuida de nuestro país se remonta varios años atrás, aproximadamente en 1880 se construyó la primera planta hidroeléctrica del país, ubicada en el centro de San José, llamada Aranjuez, la cual tenía 75 caballos de fuerza y generaba 50 kilovatios para 25 lámparas de carbón (Castillo y Davidovich, 2016).

A partir de ese momento el país empezó a expandirse en el tema de la producción de energía eléctrica, tanto empresas privadas como nacionales empezaron a ubicarse a lo largo y ancho del país en distintas plantas de producción, todas hidroeléctricas.

Sin embargo, años más tarde las empresas extranjeras se habían apoderado de la mayoría de la producción de electricidad del país, por lo que en una búsqueda de la nacionalización de la energía en 1928 el Congreso Constitucional (poder legislativo en aquel entonces) promulgó la ley “Reglas sobre la explotación de Fuerzas Eléctrica”.

Según Castillo y Davidovich (2016), esta ley relevaba la voluntad del Estado, a través del Servicio Nacional de Energía (SNE), donde se buscaba regular la explotación y el suministro de energía, monopolizando hasta un tope supra y haciendo que los generadores privados produjeran energía eléctrica bajo dos normas:

- No sobrepasar los 500 caballos de fuerza, ya que a partir de esa cantidad le tocaba al SNE su explotación.
- El generador debía ser beneficiario con una concesión otorgada por el SNE, la cual era por tiempo determinado y de acuerdo con condiciones establecidas.

Por lo que la producción de electricidad de las empresas privadas se vio cada vez más limitada, ya que el Sistema Nacional de Electricidad regulaba la mayoría de los aspectos respecto a la generación de energía, aun así, muchas de las empresas privadas continuaron trabajando bajo la nueva normativa.

La ley “Reglas sobre la explotación de Fuerzas Eléctrica” fue derogada en 1941 y sustituida por la Ley del Servicio Nacional de Electricidad. Aunque no presentaba ningún cambio sustancial, ya que las fuentes de energía continuaban siendo públicas y controladas por el Estado, solamente se incluyó un nuevo tope de electricidad permitido para las empresas privadas e incluyó 3 niveles de generación, sin concesión (producción menor a 50 caballos de fuerza, para autoconsumo y fuentes distintas al agua), con concesión (entre 50 y 500 caballos de fuerza) y estatal. Además, se autorizaba al SNE a administrar o adquirir las plantas de generación y transmisión de energía eléctrica del país (Castillo y Davidovich, 2016).

No obstante, en 1948 cuando se crea el Instituto Costarricense de Electricidad, este se encargó de la generación y desarrollo de las fuentes del servicio eléctrico, al ser una institución Estatal esta no debía cumplir la ley de Servicio Nacional Eléctrico, por lo que logró expandirse satisfactoriamente por casi todo el país y sin ninguna restricción.

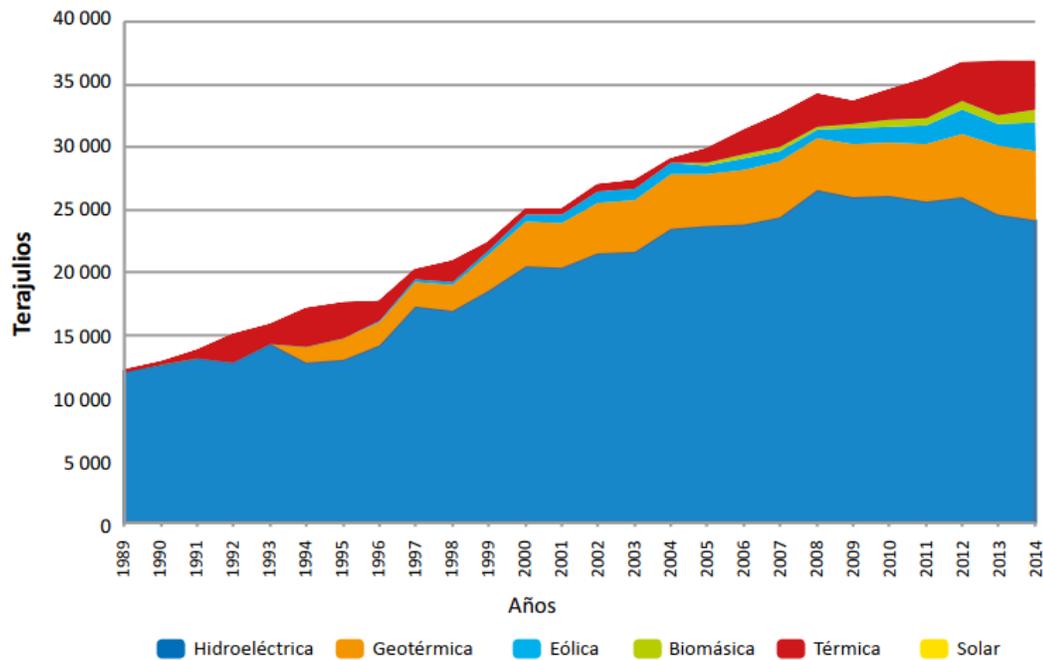
Por último, en 1990 se aplicó la Ley 7200, que derogaba la ley de Servicio Nacional, esta incluyó restricciones más leves, las cuales permiten una utilización de fuentes

energéticas renovables por parte del sector privado de hasta un 15% de la capacidad instalada total.

Posteriormente, con la aprobación de la ley 7200 se realizaron proyectos de generación con fuentes renovables de mediana escala con el objetivo de producir energía para la venta al ICE. En ese sentido la matriz de generación eléctrica del país se creó en su mayoría basada en recursos naturales renovables, que fueron transformados en electricidad mediante los diferentes tipos de centrales que operaban en el país (MINAE, 2015).

En la figura 3 se observa que aproximadamente desde la década de 1990 el país se ha destacado por obtener energía a través de fuentes renovables, donde la principal de estas es la energía Hidroeléctrica.

Figura 3. Evolución de la generación eléctrica costarricense por fuente 1989-2014



Fuente: MINAE (2015)

Durante los últimos cuatro años el 98,6% de la producción se ha generado a partir de cinco fuentes renovables a saber: agua, geotermia, viento, biomasa y sol; esto denota la existencia de una matriz de generación limpia que procura una explotación responsable de

los recursos naturales del país. A manera de ejemplo, en el 2018 Costa Rica acumulo 300 días de producción a base de fuentes renovables. Adicionalmente, del año 2014 al 2018, al Sistema Eléctrico Nacional se le adicionaron 14 plantas: 7 eólicas, 6 hidroeléctricas y 1 solar, y se acumularon 1.197 días de producción 100% renovable (Villalobos, 2020).

4.6 Inicios de la generación distribuida en el país

La primera acción de política pública del Poder Ejecutivo relacionada directamente con la Generación distribuida, se dio mediante la Directriz N.º 14-MINAET del 15 de marzo de 2011, firmada por la ex presidenta de la República Laura Chinchilla y el ministro de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Esa directriz estaba orientada a las instituciones y empresas públicas integrantes del subsector de electricidad, con el propósito de “incentivar el desarrollo de sistemas de generación de electricidad a pequeña escala para autoconsumo, utilizando fuentes renovables de energía (Monge & Echeverría, 2017). En sus inicios la generación distribuida se concibe exclusivamente para fines de autoconsumo.

En esta directriz se les solicitaba a las empresas productoras de energía la ejecución de planes piloto para la generación distribuida de autoconsumo, además de que se les autorizaba a financiar parcial o totalmente estos proyectos. En este proceso se le solicito a la ARESEP preparar la reglamentación necesaria para pasar los proyectos piloto a una aplicación real a nivel nacional.

Uno de los principales proyectos piloto se desarrolló por parte del ICE, consistiendo en un plan de una capacidad máxima de 10 MW concesionados, de los cuales al menos 1 MW se reservaba para clientes residenciales. El plazo de vigencia oficial del Plan Piloto se extendió desde el mes de octubre del año 2010 hasta el mes de diciembre del 2014, con una prórroga hasta el mes de febrero del 2015. El ICE estableció “acuerdos de interconexión” con los clientes que instalaron plantas bajo ese plan (Valverde Mora et al., 2015).

Este plan se catalogó como exitoso ya que se cumplió la cuota establecida, en total se recibieron 366 solicitudes de instalación de sistemas de generación distribuida a lo largo del país, donde el 99% de esta fue de tecnología fotovoltaica (solar), aunque se instalaron también tecnologías para la generación eólica, de biomasa, hidroeléctrica, etc.

Según Valverde Mora et al. (2015), entre los principales beneficios que aportó el plan para el país se tienen la diversificación de fuentes renovables de energía, creación del mercado de equipos de generación distribuida e instaladores, además de que se incentivó la inversión privada en temática energética. Los beneficios para el cliente corresponden a disminuciones del precio de instalación de equipos de generación con energía renovable y disminución del pago de facturación eléctrica al demandar menos energía de la red.

Para la ejecución de este plan no se planteó la venta de excedentes, únicamente se le rebajaba la cantidad de electricidad producida de las facturas de los consumidores, además no se estableció una tarifa de acceso a la red, el ICE absorbió los costos de medición, procesamiento e inspección del proyecto.

4.7 Regulación de la generación distribuida

El desarrollo de planes piloto para la generación distribuida abre la necesidad de contar con un marco regulatorio, en tanto intervienen en el proceso las empresas generadoras y distribuidoras de electricidad, debiendo garantizar acceso e interconexión a la red. En primer lugar se establece la norma técnica bajo la cuál se puede desarrollar la generación distribuida con fines de autoconsumo y, en segundo lugar, las tarifas de acceso e interconexión. Lo anterior, un aspecto fundamental en la regulación de esta actividad al determinar que la generación distribuida se entiende como un servicio público, por lo que debe ser regulada por el ente regulador.

En marzo del 2014 la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos publicó la primera regulación de generación distribuida para autoconsumo, la Norma Técnica Planeación, Operación y Acceso al Sistema Eléctrico Nacional (AR-NT-POASEN), en esta norma se trató de regular la relación entre los consumidores-productores y las empresas generadoras de energía. Según Monge y Echeverría (2017), las principales reglamentaciones o características que se le atribuyeron a la generación de energía para autoconsumo son:

- Potencias menores o iguales a 1000 kVA;
- Realizada a partir de fuentes renovables;
- Ubicada en el sitio de consumo;

- Orientada hacia la satisfacción de las necesidades energéticas del propio abonado que produce la electricidad;
- Con dos opciones posibles de relación con la empresa de distribución eléctrica con la cual esté conectado el consumidor que a la vez genera electricidad: i) la de comprar y vender electricidad a esa empresa, y ii) la de solamente intercambiar parte de sus excedentes de producción por electricidad proveniente de la red;
- Con autorización para transferir a la red de distribución hasta un 49 % de la energía mensual producida.

Para contabilizar los excedentes que los prosumidores inyectaban a la red de distribución, la ARESEP determinó dos métodos de control, la Medición neta sencilla, con compensación física de excedentes (intercambio) y Medición neta completa (MNC), con liquidación anual (venta de excedentes).

En el primer caso, los excedentes de energía al final del mes en curso, el abonado acumula el excedente para utilizarlo en el mes o meses siguientes en el mismo año calendario, tras el cual el excedente no será reconocido por la empresa distribuidora. Además, la norma establece un costo por interconexión que se deberá pagar una única vez, en el momento en que se firma el contrato de interconexión, y una tarifa de acceso a la red que el abonado con generación distribuida deberá pagar mes a mes a la empresa de distribución (Valverde Mora et al., 2015).

Para la Cámara Costarricense de Generación Distribuida (2020) la medición Neta Sencilla ocurre que cuando un consumidor está generando su energía, no la está consumiendo en ese preciso momento, entonces la envía a la red eléctrica para almacenarla o “guardarla”. En Costa Rica, las compañías distribuidoras cobran un “peaje” para que ese consumidor pueda volver a sacar la energía y utilizarla cuando la necesite. Por último, la red pública cuantifica la energía recibida, con el fin de descontársela a ese consumidor de la factura eléctrica mensual, de manera que solo tenga que pagar la neta consumida, a esto se le llama generación neta sencilla sin venta de excedentes. ¿Por qué sin venta de excedentes? Porque si una casa produce más energía de la que consumió y le quedó un saldo “a favor” en la red, pero nunca la utilizó, ese consumidor no puede venderle ese saldo a la red eléctrica,

sino que se pierde, por lo tanto, lo ideal es que un sistema esté correctamente diseñado para no perder energía.

Luego, la medición neta completa se da cuando el generador “acumula” el excedente mensual de energía producida para utilizarlo en el mes o meses siguientes, vendiendo el saldo final de excedentes a la empresa distribuidora, mediante una liquidación al final de cada periodo de doce meses consecutivos, a convenir entre las partes (Monge y Echeverría, 2017).

Por lo tanto, con la nueva norma POASEN la ARESEP clasificó a la generación distribuida de energía como un servicio público y estableció una regulación tarifaria que permitiera el intercambio de energía. Esta normativa generó discusión entre los involucrados de la generación de energía distribuida, ya que los implicados se oponían principalmente a que la medición neta sencilla se aplicara en la generación distribuida de autoconsumo. Entre las distintas opiniones de los actores participante se puede destacar el Instituto Costarricense de Electricidad, Cámara de Empresas de Distribución de Energía y Telecomunicaciones (CEDET) y la Asociación Costarricense de Energía Solar. Según Monge y Echeverría (2017).

- Particularmente, el ICE proponía se le redujeran las restricciones regulatorias a la medición Neta Sencilla (MNS), estableciendo “normas simplificadas” para esta modalidad de GD. Se considera además que la MNS no debería estar sujeta a concesión⁸. En ese momento, el ICE no percibía la MNS como una amenaza para su ámbito de negocios, sino más bien como una oportunidad para inyectar energía a un costo razonable en su red de distribución.
- Por su parte, el CEDET discrepó en considerar lo referente a la generación distribuida como servicio público; la obligación de estas empresas de comprar los excedentes; y la forma como se determinan las tarifas de acceso e interconexión a la red.
- ASESOLAR por su parte planteó que la modalidad de MNS no debía ser considerada servicio público, sino que debía dejarse fuera del ámbito de la regulación que ejerce la ARESEP y prestarse de manera libre en el ámbito del derecho privado. Por otra parte, propuso eliminar el límite para las transferencias o ventas de

⁸ Lo que implica que para generar de forma distribuida con cualquier recurso renovable, debería solicitarse una concesión.

excedentes de los consumidores-generadores a las EDE, establecido por el POASEN en un 49 % de la energía mensual producida por el prosumidor.

Finalmente, La Procuraduría General de la República (PGR), emitió el dictamen número C-165-2015 del 25 de junio de 2015, en el que concluye que la generación distribuida conocida como neteo sencillo no es servicio público, sin embargo, supedita al usuario generador a llegar a un acuerdo con la empresa distribuidora que provee el servicio público. Asimismo, hace la distinción entre la actividad de generación y la de distribución de electricidad, importante porque si bien el neteo sencillo sería una actividad privada, a la hora de interactuar con la red de distribución, debe cumplir con las normas técnicas de calidad y además pagar las tarifas por ese servicio público (distribución). En cuanto a la generación distribuida conocida como venta de excedentes, la PGR señaló que, si es un servicio público y que solo podía desarrollarse a la luz de la Ley 7200, limitando esta actividad a la venta de energía solo al Grupo ICE y obligándolas a pasar por un proceso de licitación de venta de energía, lo cual hace esta opción poco viable (Zeledón, 2016).

Bajo este mismo dictamen, la PGR delega al MINAE para establecer el marco de política pública en materia de GD con MNS, este aprobó mediante Decreto Ejecutivo N° 39220-MINAE, el “Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables. Modelo de Contratación Medición Neta Sencilla”. Además, la ARESEP conforme a la nueva directriz tuvo que realizar cambios a la norma POASEN.

Para el caso de Costa Rica, la Procuraduría General de la República (PGR) lo define como: generación descentralizada, generación in situ, generación dispersa o energía distribuida, en razón de la cercanía entre fuente de producción y de consumo, hace referencia a una generación de energía eléctrica por medio de pequeñas fuentes de energía en lugares próximos al consumo (consumo en la propia instalación) o a la red de distribución a la que se conecta (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2015).

Dada la intervención e interpretación de la PGR, se identifica la necesidad de realizar ajustes a la norma POASEN. Estos cambios incluyeron la exclusión regulatoria sobre la Medición neta completa, se eliminan los artículos mediante los cuales se regulaban las condiciones técnicas y de precios correspondientes a la modalidad de MNS, se deroga la metodología de fijación del precio o cargo básico por interconexión y la metodología tarifaria

para fijar el precio de liquidación por venta de excedentes, pues esta era aplicable únicamente a la modalidad de MNC y se replantea la metodología para calcular la tarifa de acceso a las redes de distribución (Monge y Echeverría, 2017).

Según Zeledón (2016), el modelo de Contratación Neta Sencilla utiliza el concepto de que “la red de distribución eléctrica funciona “como un depósito de energía” haciendo la analogía a “baterías químicas como sistemas de almacenamiento de energía” y obligando a la devolución de la energía entregada”. Además, el Reglamento del MINAE, justifica el interés público en fuentes renovables de energía y la meta de emisiones de gases efecto invernadero (carbono equivalente) y define como política de incentivo específica, sistemas de generación distribuida para autoconsumo, con potencias iguales o menores a 500 kVA, que utilicen como fuente de energía tecnologías fotovoltaicas; al exceptuarlas del licenciamiento ambiental que debe otorgar la SETENA. En cuanto a la relación productor-consumidor, el Reglamento diferencia a los que tienen su sistema de generación interconectado y con un contrato de interconexión a la red de distribución y prohíbe la distribución y comercialización de la energía que produzca.

Además, se establece que el prosumidor tendrá derecho a retirar hasta un máximo de 49 % de la energía total generada⁹. Asimismo, se indica que la capacidad máxima de todos los sistemas de generación conectados en un mismo circuito, incluyendo el sistema de Generación Distribuida de Autoconsumo que haga la solicitud respectiva, no deberá exceder el quince por ciento (15%) de la demanda máxima anual del circuito (Monge y Echeverría, 2017).

Aunque la reglamentación “Modelo de Contratación Medición Neta Sencilla” lleva 5 años de vigencia, sigue sin ser aceptada como la más correcta para el país, pues se dice que la forma en la que está estructurada afecta al número de usuarios que la generación distribuida de energía podría tener en el país.

Según Umaña (2020) las principales críticas a la normativa a la regulación de la generación distribuida de autoconsumo son:

⁹ El productor-consumidor podrá depositar en la red de distribución la energía no consumida, y tendrá derecho a retirar hasta un máximo del cuarenta y nueve por ciento (49%) de la energía total generada, para utilizarla en el mes o meses siguientes en un periodo anual.

1. Usuarios y empresas sostienen que el reglamento es poco claro en cuanto a los procesos y requisitos para incorporarse a la red pública, y cada una de las empresas eléctricas solicitan obligaciones distintas. Esto ha provocado que muchos usuarios no quieran participar de este proceso, pues sienten que las empresas están haciéndolos caer en costos innecesarios para la instalación.

2. Otras de las mayores críticas de los usuarios y empresas es el tope al 15% que se impone para cada circuito de electricidad. Muchos califican este tope como “arbitrario”. Este lo que hace es limitar la extensión de la electricidad por medio de generación distribuida para autoconsumo.

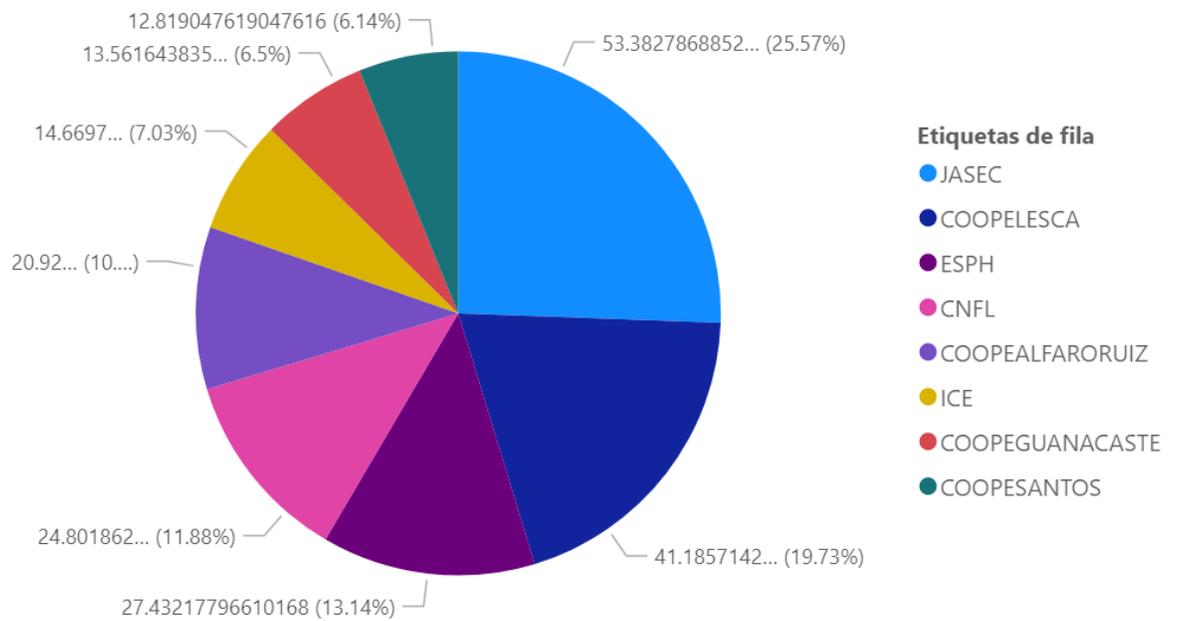
3. Además, el tope de 49% que fija el reglamento para el retiro de los excedentes inyectados a la red. Se está auto poniendo un tope artificial que hace que estén perdiendo mucho potencial de la generación.

4.8 Generación distribuida en números

Según el informe final de la contratación servicios profesionales para determinar criterios y métodos de cálculo para cargos por generación distribuida en Costa Rica, realizado por Ávila et al. (2020) para la ARESEP, al 2019 en nuestro país existían 1751 generadores representando una generación total en 2019 de 37 GWh equivalente al 0,38% de la demanda eléctrica, pero representando un incremento significativo del 499% de crecimiento en la energía generada distribuida entre 2017 y 2019.

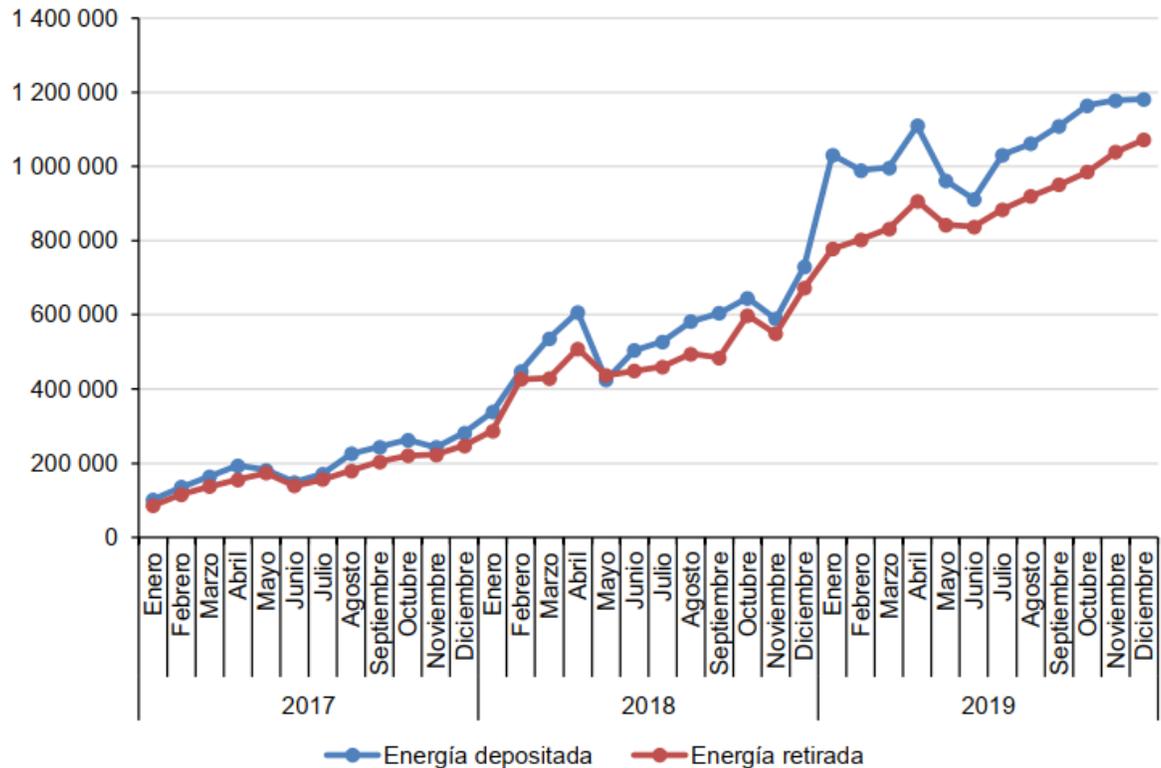
Para un análisis un poco más exhaustivo, es importante cómo se maneja el tema de la capacidad instalada por empresa distribuidora. Al visualizar la figura 4, se denota que las empresas con mayor porcentaje de capacidad instalada son JASEC Y COOPELESCA con 20.58% y 15.88%, respectivamente. Mientras que el ICE, COOPEGUANACASTE y COOPESANTOS son las que poseen un menor porcentaje de capacidad instalada con menos de un 5% cada una.

Figura 4. Capacidad instalada por empresa proveedora



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la ARESEP (2021).

Figura 5. Energía retirada y depositada en kWh de la red por mes 2017-2019



Fuente: Ávila et al. (2020)

Como se puede observar en la figura 5, el depósito y la extracción de energía han ido aumentando a través de los años. Sin embargo, debido a la limitación del 49%, hay energía que no computa en el neteo del consumo y por lo tanto es absorbida por la empresa distribuidora (Ávila et al., 2020).

Al analizar los datos de la capacidad instalada de generación distribuida en enero del 2020 y enero del 2021, hay un crecimiento de la capacidad instalada de un 29.87% al pasar de 36 180.41KW a 46 989.14 KW. En la tabla 3, se observa que la provincia con proyectos cuya capacidad instalada promedio es mayor, es Limón, superando el promedio del total general. La provincia con mayor capacidad instalada total es San José, con una capacidad instalada de 20 043.80 KW en enero del 2021. El dato sin identificar, corresponde a casos en los no se especifica a cuál provincia pertenece.

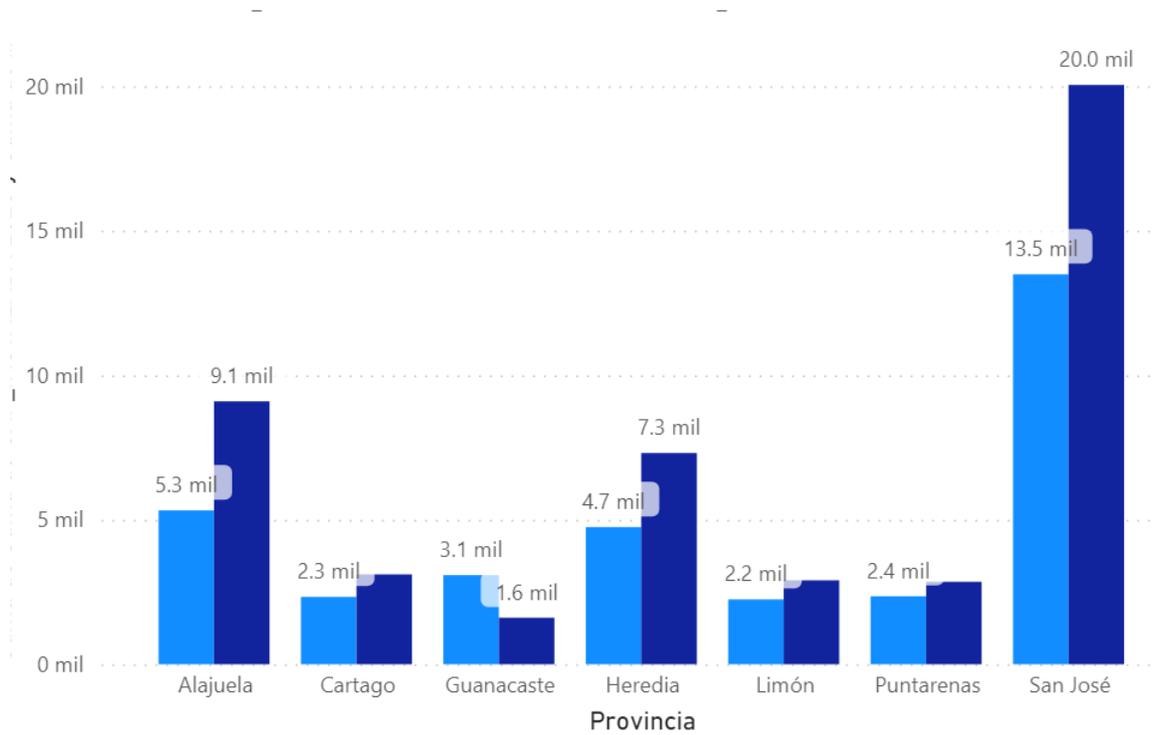
Tabla 3. Capacidad instalada total y promedio por proyecto de generación distribuida, por provincia (2021 en KW)

Provincia	Capacidad instalada al 2021 en kw	Promedio capacidad instalada 2021
Sin identificar	65.10	65.10
Guancaste	1 609.90	13.09
Puntarenas	2 853.50	11.06
Limón	2 903.00	32.62
Cartago	3 107.85	29.88
Heredia	7 308.84	29.83
Alajuela	9 097.15	19.95
San José	20 043.80	26.17
Total general	46 989.14	23.01

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la ARESEP (2021).

La figura 6, muestra la capacidad instalada total a enero del 2021 y enero de 2020, por provincia. San José es la provincia con mayor capacidad instalada en ambos años y Limón con el menor promedio para el caso del 2020 (aunque cuenta con proyectos cuya capacidad instalada es mayor) y Guanacaste en el 2021. En general, se observa que, a excepción de Guanacaste, en todas las provincias hubo un aumento de la capacidad instalada en el 2021, en contraste con el 2020.

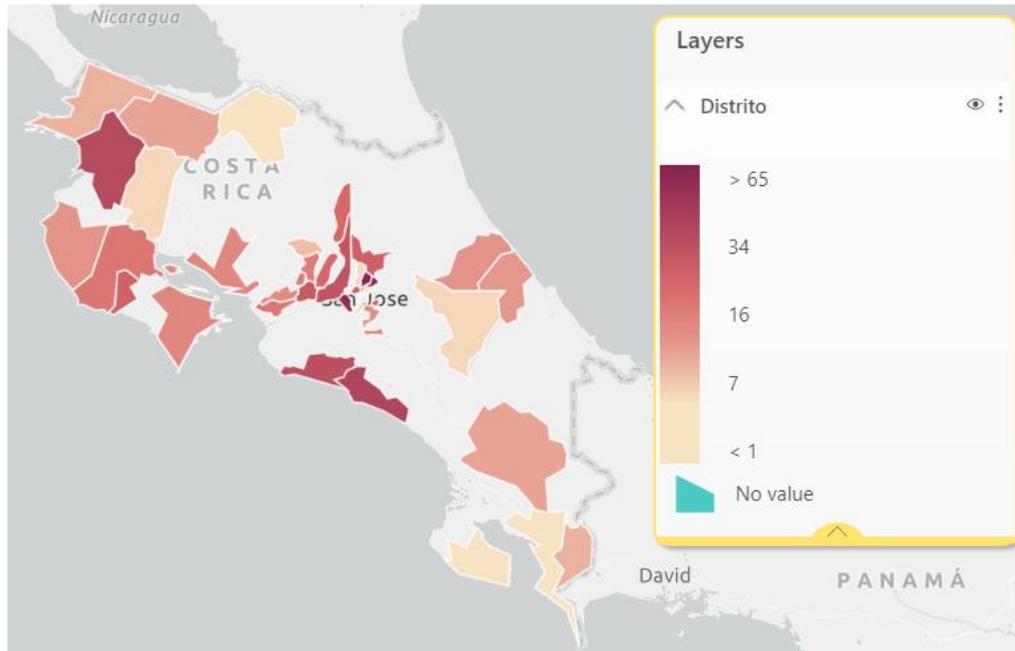
Figura 6. Capacidad Instalada total por provincia en el periodo 2020-2021



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la ARESEP (2021).

Al realizar este mismo análisis según distrito, se obtiene que el distrito con mayor capacidad instalada promedio fue San Rafael, seguido de Curridabat y Tirrases. Mientras que los distritos con menor capacidad instalada son: Ulloa, San Pablo y Concepción. Lo anterior se muestra en la figura 6.

Figura 7. Mapa de color de capacidad instalada por distrito



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la ARESEP (2021).

4.9 Cambios propuestos en el marco regulatorio

Según Ávila et al. (2020) las principales barreras de los costarricenses en el proceso interconexión a la generación distribuida se refieren a los altos costos de interconexión, la complejidad de los trámites de interconexión y la falta de homogeneidad entre requisitos de empresas. Sin embargo, también se presentan restricciones con respecto a la MNS y el porcentaje que se puede retirar de la red, la capacidad máxima disponible por circuito entre otros.

Ante esta situación, en el MINAE sometió en el 2020 ante conocimiento público la propuesta del “Reglamento de generación distribuida con fuentes renovables bajo el modelo de contratación medición neta sencilla”, esto con la finalidad de atraer más usuarios a la generación distribuida del país. Esta propuesta incentiva a que un 5% de la demanda del Sistema Eléctrico Nacional se traslade a la generación distribuida (Sánchez, 2020).

De esta manera, la principal diferencia con la reglamentación definida en el 2015, radica en que el usuario no deberá entregar sus excedentes de energía, el autoconsumo tendrá nuevas normas, las empresas y personas podrán usar energía producida en otro lugar y el abonado no estará obligado a comprar 51% de energía a la empresa distribuidora (Garza, 2020).

Según la reglamentación del año 2015, la electricidad que se genera en un lugar específico se consume en ese mismo sitio y lo que sobra, se inyecta a la red eléctrica nacional. Ahora, ese sobrante es un saldo a favor que el usuario podrá utilizar cuando lo requiera.

El autoconsumo virtual del nuevo reglamento viene a cambiar ese concepto en lo referente al espacio físico. Ahora una persona (o empresa) podría generar la energía en un lugar, pero utilizarla en otro. Es decir, el lugar de generación y el lugar de consumo pueden ser distintos, siempre y cuando, pertenezcan al mismo usuario, incluso si las empresas proveedoras de electricidad son distintas. Para que esto sea posible, el usuario deberá firmar dos contratos de interconexión distintos, uno en la zona donde produzca y otro donde consuma. Como en el país, todo el sistema eléctrico nacional está interconectado, las empresas distribuidoras deberán de realizar el cálculo sobre esa operación. Adicionalmente, el usuario deberá pagar la tarifa calculada por ARESEP para el traslado de la energía (Madrigal, 2020).

Además, en la generación distribuida los generadores particulares pueden depositar parte de la energía que producen, pero no necesitan utilizar inmediatamente, para gastarla cuando sea requerida, actualmente, solo se “guarda” el 49% de la producción. Con el reglamento vigente un productor particular está obligado a consumir el 51% de la energía que genera., el restante lo podrá obtener de la red nacional. El nuevo reglamento elimina ese tope. Ahora el usuario podrá inyectar el 100% de la energía que genere con el fin de utilizarla cuando la necesite (Madrigal, 2020).

Asimismo, el reglamento de 2015 establecía el límite de un 15% de la capacidad instalada de cada circuito, lo que implica que los generadores/consumidores podían producir hasta un 15% de la energía del área correspondiente a una subestación específica. El nuevo reglamento mantiene ese 15% de límite, pero abre la posibilidad de que se amplíe en cada

zona, con base en un estudio que detalle que el número puede crecer sin afectar al sistema. Ese estudio debe pagarlo el usuario interesado en la ampliación. El documento no detalla cuánto es el máximo de generación distribuida que puede tener cada área si se amplía el porcentaje con base en estudios (Madrigal, 2020).

También se plantea al Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) como árbitro entre cualquier generador particular y la empresa distribuidora, esto con el fin de corregir las disputas constantes entre los diferentes actores. El CENACE además deberá fijar requisitos técnicos que tienen que cumplir los sistemas de generación distribuida, para asegurar que no se vaya a generar ninguna afectación al sistema eléctrico nacional (Madrigal, 2020).

5. CONCLUSIONES

El modelo de generación distribuida a partir de fuentes renovables se ha venido posicionando en varios países como una alternativa viable para reducir las emisiones provenientes de las fuentes tradicionales de generación eléctrica. Adicionalmente, contribuye a enfrentar la demanda creciente de energía, diversificar la matriz energética e incorporar al consumidor o usuario del servicio eléctrico como un actor activo al darle la posibilidad de ser generar su propia energía e inyectar los excedentes a la red eléctrica. Lo anterior, manteniéndose conectado a la red de distribución y cancelando los cargos o tarifas que en cada caso de establecen.

La evidencia internacional muestra que si bien, en un inicio el desarrollo de la generación distribuida en muchos casos no parte de una regulación o normativa a priori, esta surge posterior a su implementación, con el propósito de normar fundamentalmente aspectos de carácter técnico y legal. En la mayoría de los casos incluidos en el presente documento, la GD tiene un objetivo ambiental claro y es apoyada por normativa que incentiva este tipo de generación a partir de fuentes renovables de energía.

Adicionalmente, a nivel internacional países como Reino Unido, Dinamarca, Argentina y España tiene esquemas tarifarios o incentivos económicos a la generación distribuida. En varios de estos países la liberalización del sector eléctrico a facilitado su promoción, lo que no la excluye de establecer normativas de competencia entre los actores.

Costa Rica ha logrado un avance significativo en el tema de la generación distribuida, con la experiencia y la ventaja de tener un modelo que permite disponer de una matriz eléctrica basada en fuentes renovables, al punto que en los últimos años ha logrado un porcentaje cercano al 100% de generación eléctrica partir de fuentes renovables. La ejecución de diferentes planes piloto durante el período 2010 -2015 estableció las bases para el desarrollo futuro de este tipo de generación, pero a la vez abrió la discusión sobre la normativa técnica, legal regulatoria y económica que se requiere.

Si bien es cierto a diferencia de otros países, la matriz energética del país es mayoritariamente renovable, la GD puede contribuir claramente a los objetivos de descarbonización, no solo en el sector eléctrico sino también en el sector transporte. La descarbonización requerirá cada vez más electricidad para proveer al transporte público y privado, y como se ha demostrado la GD puede contribuir a abastecer los incrementos en la demanda eléctrica, con un menor impacto ambiental que otro tipo de combustibles. De igual manera, su contribución económica a la reducción de costos de las empresas y hogares puede ser significativa y considerable.

Desde el punto de vista regulatorio, la modalidad neta sencilla al no ser un servicio público implica que no esta sujeto a algunos criterios regulatorios que sí se definen y se regulan para el caso de los servicios públicos. Sin embargo, la figura de productor-consumidor requiere interacción con la empresa distribuidora que cumple el rol de brindar el servicio de almacenamiento y respaldo de energía.

En términos del mercado, las barreras que establece la normativa técnica establecen barreras de entrada, que afectan la decisión de instalar un sistema fotovoltaico o de otro tipo. En primer lugar, el interesado solamente puede retirar un 49% de la energía que deposita en la red; en segundo lugar, existe una restricción en cuanto a capacidad máxima por circuito, lo que limita la expansión de proyectos de este tipo.

La modalidad neta completa ha sido establecida como un servicio público, al no tratarse solamente como autoconsumo. En este caso los excedentes suministrados a la red de distribución y, por tanto, a la empresa distribuidora, son motivo de compra y en este sentido se rigen por la Ley 7200 y la regulación definida en este caso por la Aresep.

Para la MNC, desde el punto de vista regulatorio se establecen barreras de acceso al requerir una concesión para la venta de excedentes, sin importar la escala o tamaño del proyecto. Adicionalmente, las tarifas quedan sujetas a las metodologías de tarifarias definidas para los generados privados, principalmente, estas establecidas bajo un modelo de tasa de retorno.

El país requiere continuar avanzando en realizar mejoras al marco institucional y crear los incentivos necesarios para promover la generación distribuida en los sectores residencial, comercial e industrial, dadas las ventajas que ha venido mostrando a nivel mundial. Para esto es imprescindible el apoyo del Estado, tal como se mostró en cuando se abordó la experiencia internacional, los países que han logrado un mayor impulso en la generación distribuida ha tenido un fuerte impulso por parte del Estado.

Uno de los principales retos que se debe tener en cuenta es el de crear un marco normativo regulatorio adecuado, para esto se debe ejecutar un regulación propia e independiente de la generación distribuida, ya que por muchos años se han realizado modificaciones a otras reglamentaciones con el fin de adaptarlo a la generación distribuida. En la actualidad, existen varios proyectos de Ley en discusión, como la “Ley para el fomento de la generación de energía para autoconsumo y la utilización de energías renovables no convencionales” (Expediente No 19.990), que pretenden mejorar las condiciones para la promoción y el desarrollo de la GD.

6. REFERENCIAS

- ACESOLAR. (2016, febrero 10). ¿Qué es Generación Distribuida? ACESOLAR.
<http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>
- Albi Ibáñez, E., González-Páramo, J. M., Urbanos, R. M., y Zubiri, I. (2000). *Economía pública I: Fundamentos, presupuesto y gastos*. Ariel.
- Ania, A. R. (2015). *La regulación de los precios*.
https://econiaparanoeconomistas.weebly.com/uploads/6/3/2/4/6324562/regulacin_del_mercado.pdf
- Ávila, J. P., Dameto, N. M., Herding, L., y San Roman, T. G. (2020). *Informe final de la contratación servicios profesionales para determinar criterios y métodos cálculo para cargos generación distribuida en Costa Rica*. Instituto de Investigación Tecnológica.
- Aznar, A. Y., Zinaman, O. R., y McCall, J. D. (2018). *Informando la Política de Generación Distribuida de México con Análisis del Modelo para Asesoría de Sistemas (SAM) (NREL/TP-7A40-71531, 1463601; p. NREL/TP-7A40-71531, 1463601)*.
<https://doi.org/10.2172/1463601>
- Bazurto, Á. J., Zúñiga, J., Echeverry, D. F., y Lozano, C. A. (2016). Perspectiva del transformador de distribución en redes eléctricas con alta penetración de generación distribuida y vehículos eléctricos. *Environment Complete*, 26(2), 35-48.
- Bernal, N. G. (2019). *Modelos de regulación económica aplicados a los monopolios naturales*.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27836/1/BCN__Modelos_de_Regulacion_Economica_Agosto19.pdf

- Borge, D., Castro, M. F., Collado, E., y Colmenar, E. (2015). *Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes*. Editorial UNED.
- Cámara Costarricense De Generación Distribuida. (2020, mayo 27). ¿Qué es la generación distribuida, el autoconsumo y la generación neta sencilla?. *CCGD*.
<https://www.camaracgd.com/post/generación-distribuida>
- Cano, M., Eisenstein, A., y García, N. (2018, 29 de junio). Impacto potencial de la nueva ley de generación distribuida en argentina a partir de fuentes renovables. *KPMG*.
<https://home.kpmg/ar/es/home/insights/2018/06/impacto-potencial-de-la-nueva-ley-de-generacion-distribuida-en-argentina-a-partir-de-fuentes-renovables.html>
- Carvajal, S., y Marín, J. D. (2013). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: Un enfoque dinámico. *Revista Tecnura*, 17(35), 77. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.1.a07>
- Castillo, A. (2011). Barreras para la implementación de generación distribuida: Dos representantes de países desarrollados vs. Un representante de país en desarrollo. *Tecnura*, 15(29), 62-75.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-921X2011000200007&lng=e&nrm=iso&tlng=es
- Castillo, I., & Davidovich, J. I. (2016). Análisis legal de la generación distribuida de energía eléctrica en Costa Rica. Facultad de Derecho Área de Investigación. Recuperado de:
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/8579>
- Castro, M., Fernández, M. F., Fuentes, R., & Costa, Á. (2011). Calidad de la energía y generación distribuida en Cuba. *Revista Cubana de Ingeniería*, 1(3), 41-50.
- Castro, U. L., y Álvarez, E. P. (2016). Generación distribuida en Reino Unido y Estados Unidos (Nueva York y Maine). Cuadernos Orkestra, 13.

<https://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/Generacion-distribuida.pdf>

Dammert, A. L., Aristondo, F. M., & Navarro, M. A. C. (2013). *Teoría de la regulación económica*. <https://es.scribd.com/document/370454355/Teoria-de-la-Regulacion-Economica-pdf>

Danish Energy Agency. (2016, junio 3). The Danish Energy Model. *Energistyrelsen*. <https://ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation/danish-energy-model>

Flores, J. (2009, Julio). La función reguladora del Estado: ¿qué regular y por qué? Conceptualización y el caso de Colombia. Borradores Departamento de Economía. Universidad de Antioquia. https://www.researchgate.net/publication/254399905_La_funcion_reguladora_del_Estado_que_regular_y_por_que_Conceptualizacion_y_el_caso_de_Colombia

Garza, J. (2020, julio 21). Nuevas reglas para la generación distribuida, ¿en qué me beneficiarían?. *LaRepublica*. <https://www.larepublica.net/noticia/nuevas-reglas-para-la-generacion-distribuida-en-que-me-beneficiarian>

Gischler, C., & Janson, N. (2011). Perspectivas sobre la generación distribuida mediante energías renovables en América Latina y el Caribe: Análisis de estudios de caso para Jamaica, Barbados, México y Chile. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Perspectivas-sobre-la-generacion-distribuida-mediante-energias-renovables-en-América-Latina-y-el-Caribe-Análisis-de-estudios-de-caso-para-Jamaica-Barbados-México-y-Chile.pdf>

Guillén, H. R., y Alonzo, A. (2020). Análisis del marco legal de la generación distribuida en América Latina y Nicaragua, para la incorporación de aparatos de medición inteligente. *Nexo*, 33 (01). <https://www.camjol.info/index.php/NEXO/article/view/10045>

- Hernández, J. (2019, julio 2). La generación distribuida de energía en Colombia. *Estudio Legal Hernandez*. <https://www.estudiolegalhernandez.com/energia/la-generacion-distribuida-de-energia-en-colombia/>
- Iberdrola. (2017). 150 años de camino a la sostenibilidad: Historia de la red eléctrica. *Iberdrola*. <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/historia-electricidad>
- International Energy Agency. (2019). *PVPS Annual Report 2019*. <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/05/IEA-PVPS-AR-2019-1.pdf>
- Madrigal, M. L. (2020, junio 10). Nuevo reglamento quitaría trabas a la generación distribuida de energía eléctrica en Costa Rica. *El Financiero*. <https://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/nuevo-reglamento-quitar-trabas-a-la-generacion/26SSZT6IZRDJTG23G7VAQZ4LI/story/>
- Marín, J. D., & Quintero, S. X. (2013). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: Un enfoque dinámico. *Tecnura*, 17(35), 77-89.
- MINAE. (2015). VII *Plan Nacional de Energía 2015-2030*. PNUD. <https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf>
- Monge, G., y Echeverría, C. (2017, abril). *Generación distribuida para autoconsumo en Costa Rica: Oportunidades y desafíos*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Generaci%C3%B3n-distribuida-para-autoconsumo-en-Costa-Rica-Oportunidades-y-desaf%C3%ADos.pdf>
- Muñoz-Vizhñay., J. P., Rojas-Moncayo, M. V., Barreto-Calle, C. R., Muñoz-Vizhñay., J. P., Rojas-Moncayo, M. V., & Barreto-Calle, C. R. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 19, 60-68.

- Pachar Sari, J. X., & Quizhpi Tuquiñagui, W. A. (2020). *Impacto técnico económico de la generación distribuida solar fotovoltaico en grandes consumidores conectados a la red de distribución, caso estudio: Empresa GRAIMAN, empresa Continental Tire Andina* [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18877>
- Perez, R., y Espejo, R. (2006). *Introducción a la regulación de tarifas de los servicios públicos. Documento de trabajo 22.* <http://www.administracion.usmp.edu.pe/institutoconsumo/wp-content/uploads/2013/08/Regulacion-Tarifaria-de-los-servicios-Publicos.pdf>
- Porcelli, A. M. (2018). Una inevitable transición energética: el prosumidor y la generación de energías renovables en forma distribuida en la legislación argentina nacional y provincia. *Actualidad Jurídica Ambiental*, (75). https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2018/01/2018_01_08_Inevitable-transicion-energetica-Argentina.pdf
- Quintero, J. P. V. (2008). Generación distribuida: Democratización de la energía eléctrica. *Criterio Libre*, 8, 105-112.
- Rennie, G. (2019, octubre 9). *Un camino compartido, diferentes opciones: ¿logrará América Latina alcanzar sus metas en materia energética?. EY.* https://www.ey.com/es_hn/power-utilities/un-camino-compartido--diferentes-opciones---lograra-america-lati
- Romero, M. (2015). *Barreras y oportunidades para el desarrollo de comunidades energéticas sostenibles en España. Estudio comparativo con Estados Unidos y*

Alemania [Tesis doctoral]. Universidad de Málaga.
<https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/13331>

Sánchez, J. D., Vélez, N. R., Albuérne, Y. L., & Mera, G. E. (2018). Trascendencia de la generación distribuida (GD) y el uso de las redes inteligentes. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología*, 3(2), 13-17.
<https://doi.org/10.33936/riemat.v3i2.1625>

Sánchez, P. (2020, mayo 21). Costa Rica ha redactado un reglamento para generación distribuida. *pv magazine Latin America*. <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/05/21/costa-rica-ha-redactado-un-reglamento-para-generacion-distribuida/>

Samper, M. (2020, agosto 6). Planificación de Redes de Distribución Inteligentes y Sustentables [conferencia]. *CECACIER*. <https://www.cecacier.org/wp-content/uploads/2020/07/Presentaci%C3%B3n-I-Sesi%C3%B3n.pdf>

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2015, julio 25). *Dictamen 165 del 25/06/2015*.
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Pronunciamiento/pro_ficha.aspx?param1=PRD¶m6=1&nDictamen=18880&strTipM=T

Spulber, D. F. (1989). *Regulation and markets*. MIT Press.

Stiglitz, J. E., & Rosengard, J. K. (2016). *La economía del sector público*.
<http://site.ebrary.com/id/11205596>

Trebolle, D. T. (2006). *La generación distribuida en España* [Tesis de maestría]. Universidad Pontificia Comillas.
https://www.ingenieros.es/files/proyectos/Generacion_Distribuida.pdf

- Umaña, P. (2020, febrero 10). Piden cambios al reglamento de generación distribuida; Gobierno alista decreto. *El Observador CR*. <https://observador.cr/usuarios-y-empresas-piden-modificaciones-al-reglamento-de-generacion-distribuida/>
- US EPA, O. (2015, agosto 4). *Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts*. <https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>
- Vallejo Almeida, G. (2016). *La captura regulatoria y su relación con las fallas del mercado*. https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/18446/1/Derecho-publico-en-el-siglo-XXI_Cap01.pdf
- Valverde Mora, G., Lara, J. D., Rojas Fernández, J. D., Lobo, A., Argüello Guillén, A., & Montiel, C. (2015). *Análisis Técnico-Financiero de la Generación Distribuida en la CNFL*. Ministerio de Ambiente y Energía. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/27884Energía>.
- Villalobos, W. (2020, enero 22). Generación distribuida y la importancia de rediseñar el marco regulatorio en Costa Rica. *Energía Estratégica*. <https://www.energiaestrategica.com/opinion-generacion-distribuida-para-auto-consumo-redisenio-regulatorio-en-costa-rica/>
- Viscusi, W. K., Harrington, J. E., & Vernon, J. M. (2005). *Economics of regulation and antitrust* (4th ed). MIT Press.
- Zeledón, J. M. (2016). Un aporte al debate sobre fuentes alternativas de energía en Costa Rica. El caso de la energía solar. *Observatorio del Desarrollo*. <https://odd.ucr.ac.cr/un-aporte-al-debate-sobre-fuentes-alternativas-de-energia-en-costa-rica-el-caso-de-la-energia-solar/>