



Micro y Pequeña Cogeneración y Trigeneración en México

Micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México



México, D.F., Febrero del 2013

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó bajo el marco del “Programa de Energía Sustentable en México” el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la Conuee, BMZ o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Instituciones Editoras: / GIZ

Micro y pequeña cogeneración y trigeneración México. México, D. F., Enero 2013

ISBN:

Edición y Supervisión: Ana Delia Córdova Pérez, Juan Ruben Zagal León (GIZ).

Autor(es):

Primera parte: “Potential of Micro and Small Scale Cogeneration and Trigeneration in Mexico”. Gaudencio Ramos Niembro, Federico Hungler, (GARANI Asesores en Sustentabilidad, S.C.).

Segunda parte: “International Best Practices and Recommendations for Mexico”. Daniel Hesse (Berliner Energieagentur GmbH).

Diseño: GIZ México

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

Río Lerma 302,

Col. Cuauhtémoc

Delegación Cuauhtémoc.

México, Distrito Federal

C.P. 06500

T +52 55 30 00 10 00

I www.conuee.gob.mx

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Dag-Hammerskjöld-Weg 1-5

65760 Eschborn/Alemania

www.giz.de

Oficina de Representación de la GIZ en México

Torre Hemicor, Piso 11

Av. Insurgentes Sur No. 826

Col. Del Valle, Del. Benito Juárez

C.P. 03100, México, D.F.

T +52 55 55 36 23 44

F +52 55 55 36 23 44

E giz-mexiko@giz.de

I www.giz.de / www.gtz.de/mexico

Índice

Índice.....	3
Listado de Tablas	5
Listado de Figuras	6
Listado de Abreviaturas.....	7
Tipos de cambio usados en este estudio	9
Resumen Ejecutivo	10
Introducción	13
1 Condiciones generales de la cogeneración en México	15
1.1 Estructura del sector eléctrico en México	15
1.2 Características de la Legislación para la generación de energía en México	16
1.2.1 Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE)	17
1.2.2 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la transición Energética (LAERFTE)	17
2 Definición de micro y pequeña cogeneración y trigeneración.....	18
2.1 Elementos a considerar en la cogeneración y trigeneración en pequeña escala	18
2.2 Autoabastecimiento y cogeneración de energía en pequeña escala en México	19
2.3 Clasificación de cogeneración en pequeña escala	19
3 Situación actual en México de la micro cogeneración, cogeneración de pequeña escala y trigeneración.....	21
3.1 Descripción del mercado actual y prospectiva a mediano plazo.	21
3.2 Documentación de proyectos exitosos	23
3.3 Principales Actores en México.....	31
4 Potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México	33
4.1 Subsectores con potencial de cogeneración y trigeneración	33
4.2 Estimación del potencial por subsectores.....	34
4.2.1 Hospitales	34
4.2.2 Centros comerciales	35
4.2.3 Hoteles	36
4.3 Estimación del potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México.....	36
5 Mejores prácticas en el ámbito internacional.....	38
5.1 Reino Unido	38
5.1.1 Condiciones en el Reino Unido	38

5.1.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en el Reino Unido	43
5.1.3 Medidas de apoyo en el Reino Unido	45
5.1.4 Estudios de caso en el Reino Unido	47
5.2 Alemania	54
5.2.1 Condiciones en Alemania	54
5.2.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en Alemania	57
5.2.3 Medidas de apoyo en Alemania	59
5.2.4 Estudios de caso en Alemania	60
5.3 España	67
5.3.1 Condiciones en España	67
5.3.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en España	70
5.3.3 Medidas de apoyo en España	72
5.3.4 Estudios de caso en España	73
5.4 California	77
5.4.1 Condiciones en California	77
5.4.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en California	79
5.4.3 Medidas de apoyo en California	80
5.4.4 Estudios de caso en California	82
6 Comparación de los países	89
6.1 Condiciones climáticas	89
6.2 Precio de la energía	90
6.3 Motivación para el apoyo político a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, e instrumentos aplicados	91
7 Conclusiones generales y recomendaciones	95
7.1.1 Políticas nacionales de apoyo	95
7.1.2 Desarrollo de capacidades y concienciación	97
BIBLIOGRAFIA	99
Anexo I - 1: Cuestionarios Proveedores-Desarrolladores, Usuarios, Proveedores de Equipos y Proyectos de Cogeneración en Pequeña Escala	104
Anexo I - 2: Análisis de resultados de los cuestionarios a los diferentes actores	115

Listado de Tablas

Tabla I - 1: Capacidad instalada en México (2012)	15
Tabla I - 2: Clasificación de Micro y Pequeña Cogeneración en distintos países.	19
Tabla I - 3: Propuesta de clasificación de Cogeneración en Pequeña Escala	20
Tabla I - 4: Mediana escala	24
Tabla I - 5: Mediana escala	25
Tabla I - 6: Mediana escala	25
Tabla I - 7: Mediana escala	26
Tabla I - 8: Mediana escala	27
Tabla I - 9: Mediana escala	28
Tabla I - 10: Mediana escala	29
Tabla I - 11: Mediana escala	30
Tabla I - 12: Pequeña escala	31
Tabla I - 13: Lista de empresas relacionadas con proyectos micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración	32
Tabla I - 14: Ejemplos típicos de centrales de mini y pequeña cogeneración y trigeneración en México.	33
Tabla I - 15: Tipo y número de hospitales en México	34
Tabla I - 16: Clasificación de hoteles por categoría	36
Tabla II - 1: Medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en el Reino Unido	46
Tabla II - 2: Medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en Alemania	59
Tabla II - 3: Unidades de cogeneración y potencias instaladas en España en 2010 y 2011 (potencia instalada inferior a 5 MW_e)	71
Tabla II - 4: Medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en España	72
Tabla II - 5: Instalaciones de cogeneración y trigeneración según su potencia total y media en diferentes subsectores comerciales en California en 2006	80

Listado de Figuras

Figura I - 1: Número de permisos.....	16
Figura I - 2: Capacidad instalada en plantas de cogeneración	16
Figura II - 1: Electricidad suministrada por tipo de combustible en el Reino Unido en 2010 y 2011	39
Figura II - 2: Previsión de la potencia instalada de generación convencional de electricidad en el Reino Unido	40
Figura II - 3: Consumo de energía calorífica por sectores y uso final en el Reino Unido en 2009.....	41
Figura II - 4: Precio medio de venta al público del gas y la electricidad para consumidores no domésticos (precio nominativo).....	42

Listado de Abreviaturas

€	Euros
ACS	Agua Caliente Sanitaria
BEA	Berliner Energieagentur GmbH
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine
CCHP	Combined Cooling Heat and Power generation
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CHP	Combined Heat and Power Generation
CODE	Cogeneration Observatory and Dissemination Europe
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CRO	Ciclo Ranking Orgánico
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz (Renewable Energy Act)
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (Renewable Energy Heat Act)
EU	European Union
FIT	Feed In Tariff
FONATUR	Fondo Nacional de Fomento al Turismo
GARANI	GARANI Asesores en Sustentabilidad, S.C.
GBP	Pound Sterling
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GHG	Green House Gas
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GW	Giga Watts
GWh _e	Giga Watt hours of electricity
HFO	Heavy Fuel Oil
HRSG	Heat Recovery Steam Generator

IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado
kV	kilo Volt
kW	Kilo Watt
kWe	Kilo Watt eléctrico
kWh	Kilo Watt hora
kWh _e	kilo Watt hours of electricity
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (CHP Act)
kWt	Kilo Watt térmico
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
MW	Mega Watt
MW _e	Mega Watts of electricity
MWh	Mega Watt hora
OCGT	Open Cycle Gas Turbine
p/kWh	Pence (UK) per Kilo Watt hours
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PJ	Peta Joule
PyMEs	Pequeñas y Medianas Empresas
QFs	Qualifying Facilities
RD	Real Decreto (Royal Decree)
RT	Refrigeration Tons
SENER	Secretaría de Energía
SGIP	Self Generation Incentive Program

SME	Small and Medium Enterprises
SS	Secretaría de Salud
t/a	tons per year (año)
TDR	Toneladas de refrigeración
TWh	Terra Watt hours
TWh _e	Terra Watt hours of electricity
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UK	United Kingdom
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

Tipos de cambio usados en este estudio

1 GB Pound	=	1.6048 US \$ ¹	(Tipo de cambio usada para la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. II-7)
1 MXN	=	0.0595 Euro	= 0.0771 US\$ ²
1 Euro	=	1.2977 US\$	= 16.8221 \$ MXN ²
1 US\$	=	0.7705 Euro	= 12.9623 \$ MXN ²

¹ Fuente: <http://de.finance.yahoo.com/waehrungen/waehrungsrechner/> (1st July 2011)

² Fuente: <http://www.xe.com/ucc/es/> (2012)

Resumen Ejecutivo

Contexto:

En México se han utilizando sistemas de cogeneración desde antes de los años 1990, especialmente en aplicaciones industriales con una demanda de energía superior a 1 MW. Sobre aplicaciones con una potencia instalada inferior, es decir, sobre la cogeneración a micro y pequeña escala apenas existen datos para este país. Tampoco hay información disponible sobre proyectos de trigeneración.

Objetivos:

Los objetivos del presente estudio son:

1. identificar y documentar los proyectos de micro y pequeña cogeneración, así como trigeneración, que se ejecutan en México;
2. identificar y determinar el potencial para la micro y pequeña cogeneración, así como trigeneración, en México;
3. identificar las mejores prácticas en el ámbito internacional (p. ej., políticas y medidas de apoyo) para el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración;
4. elaborar recomendaciones para el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración, así como trigeneración, en México.

Estructura del documento:

La estructura del informe sigue el orden de los objetivos mencionados. El estudio está dividido en dos partes. La primera, "Situación actual y el potencial de cogeneración y trigeneración en micro y pequeña escala en México", ofrece información general sobre las condiciones (en materia de energía, jurídicas, etc.) en México y aclara las definiciones de los términos utilizados. Posteriormente presenta la situación actual de la micro y pequeña cogeneración y las perspectivas del mercado potencial. La segunda parte "Mejores prácticas en el ámbito internacional y recomendaciones para México" ofrece ejemplos de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración y de políticas de apoyo del ámbito internacional, así como recomendaciones para impulsar el desarrollo del mercado en México (de acuerdo con la experiencia a nivel internacional así como los datos sobre la situación en México).

Metodología:

Para obtener una visión general de la situación actual de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México se identificaron y documentaron los proyectos actuales a través de una encuesta (cuestionarios y entrevistas) a los actores pertinentes del mercado de la cogeneración en México. El potencial de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México se estimó mediante un "enfoque de abajo arriba". En un primer paso se identificaron, sobre la base de los ejemplos examinados para determinar el estado actual y de la encuesta realizada, los sectores con potencial para ejecutar un número importante de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración. Con los datos disponibles sobre los sectores identificados se estimó el número de emplazamientos potencialmente adecuados para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración para cada sector. Multiplicando el número de emplazamientos por una potencia instalada media habitual, y agregando las potencias calculadas de cada sector, se estimó la potencia total potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en estos sectores.

En cuatro países se analizaron las condiciones generales, el mercado de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, así como las medidas de apoyo existentes. Se eligieron los

países Alemania, Reino Unido y España y el estado California en Estados Unidos a fin de incluir diferentes mercados desarrollados en relación con la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, y/o condiciones (p. ej., climáticas) comparables a México.

A partir de la comparación de las condiciones en estos países con las de México, y el análisis del éxito de las diferentes medidas de apoyo, se han formulado recomendaciones para el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México.

Resultados principales:

Los datos clave obtenidos de la encuesta de los actores del mercado de la pequeña cogeneración son las siguientes:

- La motivación principal para utilizar plantas de micro y pequeña cogeneración y trigeneración son los precios altos de la electricidad (sobre todo en el sector comercial) y los precios relativamente bajos de los combustibles.
- La actual legislación mexicana ya apoya la implementación de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en el país.
- La encuesta de los actores del mercado indica que, en México, los sectores hotelero y de hospitales poseen un gran potencial para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración.
- En las condiciones actuales en México, los participantes en la encuesta sólo consideran viables desde el punto de vista económico los proyectos con una potencia instalada de 500 kW_e o superior.

Los proyectos existentes en México de micro y pequeña cogeneración y trigeneración identificados en el marco de este estudio se implementan en los sectores hotelero, de hospitales y comercial. Las potencias instaladas de estos proyectos varían entre 240 y 3.600 kW_e.

El potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México estimado para los tres sectores –hotelero, de hospitales y centros comerciales– es de aproximadamente 1,671 MW_e.

El análisis de los países arrojó los siguientes resultados principales:

- Todos los países analizados (incluido México) apoyan la micro y pequeña cogeneración y trigeneración a través de algún tipo de marco normativo.
- Reino Unido, Alemania y California brindan apoyo financiero a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración a través de algún tipo de incentivo (como una prima o tarifa regulada por cesión de electricidad a la red). Estos países/estado afrontan un posible déficit futuro de potencia firme, y tienen por ello una motivación concreta para incentivar alternativas.
- Reino Unido y Alemania, países con una demanda alta de calefacción, especialmente en el sector residencial, se concentran en apoyar potencias relativamente pequeñas de micro y pequeña cogeneración y trigeneración. En España y California no existen incentivos específicos para potencias inferiores a 500 kW.

Las condiciones imperantes en México, y la motivación correspondiente para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, son las siguientes:

- Temperaturas relativamente elevadas durante todo el año en la mayoría de las regiones, lo que resulta en una demanda de calefacción relativamente baja, especialmente en el

sector residencial, y una demanda de refrigeración relativamente alta (similar a España y California).

- Precios altos de la electricidad, especialmente en el sector comercial. Por lo tanto, el autoabastecimiento a través de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en este sector podría ofrecer beneficios económicos.
- Objetivos de protección del clima y eficiencia energética. Como en los demás países analizados, este aspecto constituye una motivación fundamental para apoyar la cogeneración y trigeneración. En México, sin embargo, el posible déficit futuro de potencia firme no se considera un problema, y podría no constituir una motivación para apoyar la cogeneración y trigeneración.

Conclusiones y recomendaciones:

Sobre la base del análisis realizado en este estudio, los autores recomiendan proporcionar apoyo político para mejorar las condiciones generales para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, especialmente superar las barreras en el contexto de la conexión de unidades de cogeneración y trigeneración a la red eléctrica pública. Es preciso concienciar sobre este tema, así como mejorar la transparencia y el proceso de solicitud de conexión a la red eléctrica, aspectos estos identificados como factores limitantes del desarrollo de la generación descentralizada de energía eléctrica en México. A medio plazo se recomienda mejorar para los propietarios de plantas de cogeneración las condiciones de venta del excedente de electricidad, ya sea al proveedor principal de electricidad o incluso a terceros clientes (liberalización del mercado).

En relación con el apoyo financiero, una opción viable para el gobierno mexicano podría ser la concesión de una ayuda limitada a la inversión, p. ej. a través de una subvención fija o una exención tributaria (amparo fiscal).

Además de brindar apoyo político, se recomienda promover la micro y pequeña cogeneración y trigeneración mediante la educación de las partes interesadas pertinentes y la concienciación de la opinión pública.

Introducción

En México se han utilizado sistemas de desde antes de los años 1990, especialmente en aplicaciones industriales con una demanda de energía superior a 1 MW. En 2012, la potencia total de cogeneración alcanzó ya 2, 984 MW, con un potencial teórico de cogeneración de aproximadamente 6.000 a 10.000 MW. No obstante, la potencia total de cogeneración de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en ese mismo año fue de sólo 273 MW, correspondientes a 27 proyectos. Sobre aplicaciones con potencia instalada inferior, es decir, sobre la generación a micro y pequeña escala en este país, apenas existen datos. [CON 2009]

Tampoco hay información sobre proyectos de trigeneración, en la que el calor residual obtenido en un proceso típico de cogeneración (producción de calor y electricidad) se utiliza con fines de refrigeración, habitualmente en un refrigerador de absorción.

Dada esta situación, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH ha reconocido la necesidad de identificar el potencial de mercado para sistemas de micro y pequeña cogeneración, así como de trigeneración, en México. Adicionalmente, la GIZ desea elaborar recomendaciones para impulsar estos mercados de acuerdo con las condiciones locales y las mejores prácticas en el ámbito internacional.

En este contexto, la GIZ encargó a la empresa mexicana GARANI Consultores y a la Berliner Energieagentur GmbH (BEA) que realizaran un análisis del mercado mexicano para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración con miras a:

1. identificar y documentar los proyectos de micro y pequeña cogeneración, así como trigeneración, que se ejecutan en México;
2. identificar y determinar el potencial para la micro y pequeña cogeneración, así como trigeneración, en México;
3. identificar las mejores prácticas en el ámbito internacional (p. ej., políticas y mecanismos de apoyo) para el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración;
4. elaborar recomendaciones para el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración, así como trigeneración, en México.

La primera parte del estudio, "Situación actual y el potencial de cogeneración y trigeneración en micro y pequeña escala en México", comienza con una descripción de las condiciones generales pertinentes para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México (véase capítulo 2). A continuación se definen los términos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración según se utilizan en este estudio (véase capítulo 3). En el capítulo 4 se expone la situación actual de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, y se evalúa una encuesta realizada mediante cuestionarios y entrevistas a actores del mercado de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México. En el mismo capítulo se ofrece información detallada sobre una selección de ejemplos de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración. En el capítulo 5 se deduce el potencial para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México.

La segunda parte del estudio "Mejores prácticas en el ámbito internacional y recomendaciones para México", elaborada por la BEA, comienza con un análisis de cuatro países (Alemania, Reino Unido, España y el estado de California como ejemplo específico de Estados Unidos) seleccionados como ejemplos de la aplicación de mejores prácticas en el ámbito internacional

¹ CONUEE, CRE y GIZ: *Estudio sobre Cogeneración en el Sector Industrial en México*; 2009

(véase capítulo 6). Para cada país se describen las condiciones generales pertinentes para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, la evolución del mercado, las medidas de apoyo existentes, así como una selección de ejemplos de casos. En el capítulo 7 se hace una comparación entre México y los países analizados. El estudio finaliza con las conclusiones generales y las recomendaciones.

1 Condiciones generales de la cogeneración en México

La cogeneración, en el contexto del autoabastecimiento térmico y eléctrico, ha sido utilizada de forma exitosa a nivel industrial en México y particularmente en los ingenios azucareros, debido a que éstos últimos cuando fueron construidos se encontraban localizados lejos de los centros de generación de energía eléctrica y su energía se utilizaba para abastecer, tanto a sus procesos industriales como a las viviendas de sus trabajadores. Asimismo, otro sector que por su naturaleza propia implementó proyectos de cogeneración es el sector petrolero, debido a sus necesidades térmicas y eléctricas. También, si bien la legislación permitía el autoabastecimiento y la cogeneración, el porteo de energía eléctrica sobrante era costoso, lo cual hacía económicamente inviable en algunos casos los proyectos de cogeneración; esta situación hacía que, algunos de los proyectos que se realizaban fueran diseñados en función de la demanda eléctrica y no térmica.

Aunado a lo anterior y con el objeto de impulsar el uso óptimo de los energéticos, en aquellos procesos que requieren de forma simultánea electricidad y calor útil, el Gobierno Federal ha promovido la implementación de proyectos de cogeneración, con objeto de alcanzar la máxima eficiencia energética, reducir el consumo de combustibles fósiles y evitar emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); asimismo, se promueve la realización de proyectos que utilizan combustibles alternos producto de la biomasa, rellenos sanitarios, etc.

En el caso de proyectos conocidos como micro cogeneración, cogeneración de pequeña escala y trigeneración, su implementación ha sido menos generalizada, debido a muy diversas razones como son: falta de definición e incertidumbre en la anterior legislación (LSPEE), costos de la tecnología, costos de la energía, baja eficiencia de las centrales de pequeña capacidad, desconocimiento por parte de los usuarios de los beneficios, entre otros.

1.1 Estructura del sector eléctrico en México

En el año 2011, la capacidad instalada nacional de plantas de generación de energía eléctrica ascendió a 61,570 MW², de los cuales 2,894 MW, es decir el 4.70 %, corresponde a centrales de cogeneración ().

Tabla I - 1: Capacidad instalada en México (2012)

Generador	Por ciento	MW
CFE	63.80%	39,282
PIE	19.30%	11,883
Autoabastecimiento	7.10%	4,371
Cogeneración	4.70%	2,894
Extinta LyFC	2.20%	1,355
Exportación	2.20%	1,355
Otros	0.70%	431

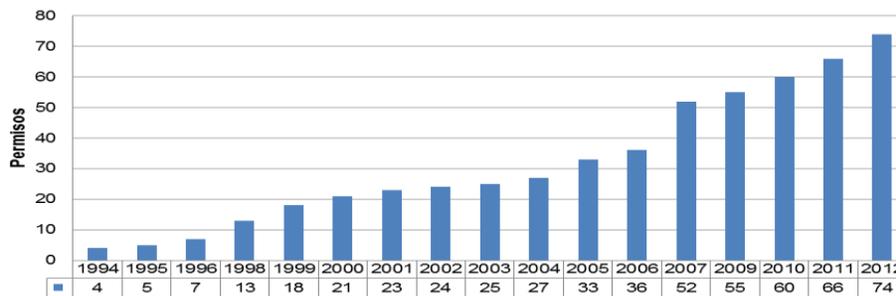
* Considera la capacidad efectiva demostrada contratada por CFE.
** Incluye usos propios y pequeña producción

Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026; SENER.

La Figura I - 1 muestra el número de permisos de cogeneración que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) tiene registrados en el período 1994 a 2012, mientras que la Figura I - 2 muestra los MW de capacidad que corresponden a dichos permisos, en el mismo período de tiempo.

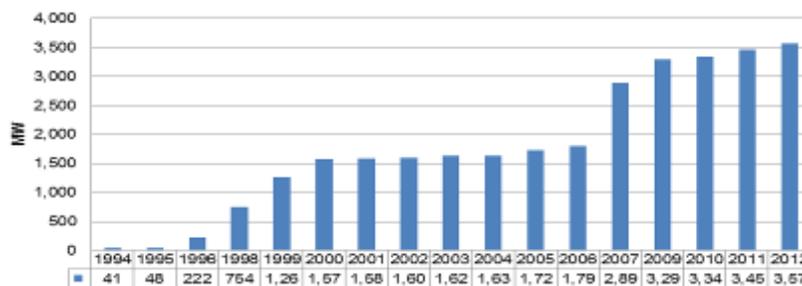
² PRO; Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026; SENER

Figura I - 1: Número de permisos



Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE.

Figura I - 2: Capacidad instalada en plantas de cogeneración



Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE.

Es de mencionarse que del total de capacidad en centrales de cogeneración, 1,692 MW corresponden a plantas que tiene instaladas Petróleos Mexicanos(PEMEX)³, por lo que, en los procesos industriales privados, la capacidad instalada de cogeneración es del orden de los 1,202 MW (ver tabla I – 1).

1.2 Características de la Legislación para la generación de energía en México

Si bien el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos indica que “Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público”, las leyes y reglamentos relacionados con la generación de energía eléctrica permiten que los usuarios puedan generar y autoabastecerse de energía eléctrica y portear sus excedentes tanto a la CFE como a otros usuarios, con objeto de alcanzar una mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales no renovables.

A continuación se indican las diferentes leyes que permiten a los usuarios generar su propia energía eléctrica a través de la cogeneración a gran escala y micro cogeneración, cogeneración de pequeña escala y trigeneración.

³ COG; Cogeneración de energía eléctrica en Petróleos Mexicanos; Octubre de 2010.

1.2.1 Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE)

El artículo 36 contempla el otorgamiento de permisos para generación de energía eléctrica por los privados en diversas modalidades (cogeneración, autoabastecimiento, pequeña producción y productor independiente); esta energía eléctrica puede ser usada para autoconsumo o entregada a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), quien es la única empresa que puede dar el servicio de venta a los usuarios de energía (servicio público).

Por su parte, el artículo 39 indica que no se requerirá permiso para autoabastecimiento de energía eléctrica menor a 0.5 MW.

1.2.2 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la transición Energética (LAERFTE)

El artículo 17 de la LAERFTE le otorga a la cogeneración las ventajas de las energías renovables, siempre y cuando cumplan con los criterios de cogeneración eficiente. Los principales beneficios consisten en:

- Tener acceso al banco de energía, es decir que el cogenerador pone a disposición de la CFE la energía que genera en exceso en un momento en el tiempo y la puede retomar de la red cuando la requiera; y
- Portear la energía a otros usuarios que sean socios en la central de cogeneración, pagando el porteo que estipula el reglamento.

2 Definición de micro y pequeña cogeneración y trigeneración

La cogeneración es una tecnología ampliamente usada desde los inicios de la generación de la energía eléctrica en ciertos sectores, produciendo de forma conjunta electricidad y calor para calefacción en grandes edificios⁴. Su implementación en pequeña escala y particularmente en las residencias o pequeños edificios, se ha hecho más visible en los últimos años, debido principalmente al costo de los energéticos, a la necesidad de alcanzar una mayor eficiencia energética y a las políticas de reducir al mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero. Tal es el caso de países con clima extremo, los cuales requieren calefacción en el invierno, por lo que han modificado sus leyes para que los generadores tengan certidumbre jurídica, así como identificar mecanismos de financiamiento y promoción para su implementación^{5 6}.

En el caso de México este estudio es el primero de su tipo y tiene por objeto el definir una clasificación de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración debido a que actualmente en nuestro país no existe dicha clasificación.

En el presente capítulo se describen los diferentes elementos que es necesario considerar para la clasificación de una central de cogeneración o trigeneración en pequeña escala.

2.1 Elementos a considerar en la cogeneración y trigeneración en pequeña escala

En los últimos años se ha utilizado el término micro cogeneración para definir pequeñas centrales de energía eléctrica y térmica (calor y/o frío) de forma simultánea. La publicación de la Directiva de Cogeneración en la Unión Europea en el año del 2004⁷, contiene las siguientes definiciones:

- i. Micro-cogeneración es aquella central cuya potencia eléctrica es menor a 50 kW, y
- ii. Cogeneración en pequeña escala es aquella central cuya potencia eléctrica es superior a 50 kW e inferior a 1 MW.

La Directiva de la Unión Europea se sustenta en que “es necesario utilizar el potencial de la cogeneración existente, como una medida para ahorrar energía. -Por tal motivo-, el fomento de la cogeneración de alta eficiencia sobre la base de la demanda de calor útil es una prioridad comunitaria, habida cuenta de los beneficios potenciales de la cogeneración en lo que se refiere al ahorro de energía primaria, a la eliminación de pérdidas en la red y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero; así mismo, el uso eficiente de la energía mediante la cogeneración puede también contribuir positivamente a la seguridad del abastecimiento energético y a la situación competitiva de la Unión Europea y de sus Estados miembros.”

⁴ JEN; Large or small-scale CHP/DH – a comparison; Energy Systems, Rambøll; 2005.

⁵ GÜN; Micro CHP systems: state-of-the-art; Austrian Energy Agency; European Commission; 2006.

⁶ SLO; Micro-CHP: global industry status and commercial prospects; 23rd WG Conference, Amsterdam 2006.

⁷ DIR; Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo; de 11 de febrero de 2004; Diario Oficial de la Unión Europea 21.2.2004.

2.2 Autoabastecimiento y cogeneración de energía en pequeña escala en México

En el año 2010 la CRE publicó el contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala⁸, donde indica que, la potencia máxima a instalar dependerá del tipo de servicio, y no podrá ser mayor a las siguientes capacidades:

- Para usuarios con servicio de uso residencial: hasta 10 kW.
- Para usuarios con servicio de uso general en baja tensión: hasta 30 kW.

Asimismo, indica que el contrato es aplicable a todos los generadores con fuente de energía renovable y generadores con sistema de cogeneración en pequeña escala, con capacidad hasta de 30 kW, que se interconecten a la red eléctrica del suministrador en tensiones inferiores a 1 kV, y que no requieren hacer uso del Sistema del Suministrador para portear energía a sus cargas.

2.3 Clasificación de cogeneración en pequeña escala

La Tabla I - 2 muestra la clasificación por rangos de cogeneración en pequeña escala, en la Unión Europea, Alemania, Cogeneration Observatory and Dissemination Europe (CODE⁹) y México, donde se puede observar que en algunos casos los rangos son similares.

Tabla I - 2: Clasificación de Micro y Pequeña Cogeneración en distintos países.

País	Definición
Unión Europea	<ul style="list-style-type: none"> • Micro-cogeneración, central con potencia menor a 50 kW. • Cogeneración en pequeña escala, central con potencia inferior a 1 MWe.
Alemania (no oficial; comúnmente usada)	<ul style="list-style-type: none"> • Micro-cogeneración, central con potencia hasta 15 kW. • Mini- cogeneración, central con potencia hasta 50 kW. • Pequeña-cogeneración, central con potencia hasta de 2 MWe.
CODE Project	<ul style="list-style-type: none"> • Micro cogeneración (< 50 kW). • Pequeña cogeneración (50 kW ≤ tamaño < 1 MWe). • Mediana cogeneración (1 MWe ≤ tamaño < 10 MWe). • Gran cogeneración (≥ 10 MWe).
México	<p>I. Generadores: Aquellos que no requieren permiso de la CRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de Cogeneración en pequeña escala: <ul style="list-style-type: none"> ○ Para usuarios residenciales hasta 10 kW ○ Para usuarios comerciales hasta 30 kW En ambos casos la tensión debe ser menor a 1 kV (baja tensión). • Sistemas de Cogeneración en mediana escala: Aquellos con capacidad menor o igual a 500 kW, de media tensión (mayor a 1 kV y menor a 69 kV). <p>II. Permissionarios: Aquellos que requieren permiso de la CRE,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas con capacidad mayor a 500 kW, en alta tensión (mayor a 69 kV). • Sistemas que requieran hacer uso del SEN para portear energía a sus cargas (cualquier capacidad y tensión).

⁸ RES; Contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala; Diario Oficial; 8 de abril de 2010.

⁹ COGE; Cogeneration Case Studies Handbook; CODE; March, 2011.

Fuente: Elaboración propia a base de datos bibliograficos.

Por lo anterior y dada la interrelación que existe entre las diferentes variables, en el contexto de éste estudio se propone definir el término de cogeneración en pequeña escala a las centrales de generación de energía eléctrica, formadas por uno o varios módulos, que proporcionen energía en función de las demandas de energía clasificadas por usos finales, como se muestra en la Tabla I - 3. En lo que respecta a la demanda, la única restricción sería la que indica la Ley, es decir 1 kV para los sistemas residenciales (hasta 10 kW) y comerciales (hasta 30 kW). Es de comentarse que estos rangos coinciden con lo que marca la Ley para pequeños autoabastecedores de energía (0 a 500 kWe). Para el caso de la mediana cogeneración es necesario precisar que utilizan sistemas modulares prediseñados lo cual los hace factibles económicamente (de 500 kWe a 5 MWe).

Tabla I - 3: Propuesta de clasificación de Cogeneración en Pequeña Escala

Tamaño	Capacidad	Tensión	Usos finales
Micro cogeneración	< 30 kWe	<ul style="list-style-type: none">Hasta 1 kV	<ul style="list-style-type: none">Viviendas, pequeños comercios, SPA's, gimnasios.
Pequeña cogeneración	de 30 kWe a 500 kWe	<ul style="list-style-type: none">Entre 1 y 69 kV	<ul style="list-style-type: none">Hoteles pequeños y medianos (menos de 100 habitaciones), pequeños centros comerciales.
Mediana cogeneración	500 kWe a 5 MWe	<ul style="list-style-type: none">Mayor a 69 kV	<ul style="list-style-type: none">Hoteles de gran turismo, hospitales, centros comerciales grandes, edificios de oficinas, centros deportivos.Pequeñas y medianas empresas.
Cogeneración en gran escala	Mayor a 5 MW	<ul style="list-style-type: none">Mayor a 69 kV	<ul style="list-style-type: none">Gran industria.

Fuente: Elaboración propia con base en datos bibliograficos ^{10 11 12}

¹⁰ SLO; Micro-CHP: global industry status and commercial prospects; 23rd World Gas Conference, Amsterdam 2006

¹¹ GÜN; Micro CHP systems: state-of-the-art; Austrian Energy Agency; 2006.

¹² MAR; Micro CHP – a sustainable innovation?; Sozial-ökologische Forschung; Berlin, June 2004.

3 Situación actual en México de la micro cogeneración, cogeneración de pequeña escala y trigeneración

Con objeto de analizar cuál ha sido la evolución del mercado de la cogeneración en pequeña escala en México, se procedió a identificar a los diferentes actores, los cuales se agruparon de la forma siguiente:

- Proveedores de equipos: Se refiere a los distribuidores de equipos que existen en México.
- Desarrolladores: Incluye a aquellas firmas de ingeniería que llevan a cabo el diseño y/o implementación de proyectos de cogeneración en pequeña escala.
- Usuarios: En este rubro se identificó a aquellos usuarios que cuentan con centrales de cogeneración en pequeña escala, en los distintos sectores.
- Proveedores de Combustible: Se identificaron las principales empresas suministradoras de gas.

En todos los casos, el objetivo del cuestionario es conocer su punto de vista sobre la evolución del mercado, su participación, las perspectivas que ellos ven de la evolución de este mercado en México, así como las acciones que ellos consideran relevantes llevar a cabo, para detonar el mercado nacional. A continuación se muestra la clasificación de las preguntas, según los conceptos del mercado de cada uno de los actores.

Contenido de los cuestionarios a los diversos actores.

Proveedores de equipos	Desarrolladores	Usuarios
<ul style="list-style-type: none"> • Evolución del mercado. • Ventas y acciones de su empresa actuales y futuras. • Cómo ve el futuro de la pequeña cogeneración • Qué acciones propone se deben llevar a cabo 	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución del mercado • Actividades que realiza su empresa • Proyectos realizados • Cómo ve el futuro de la pequeña cogeneración • Qué acciones propone se deben llevar a cabo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cómo y porqué decidió hacer el proyecto • Experiencias en el diseño • Experiencias en la operación y el mantenimiento • Recomendaciones para la implementación de otros proyectos

Fuente: Elaboración propia.

Los formatos se muestran en el anexo 3 los resultados globales en el anexo 4

3.1 Descripción del mercado actual y prospectiva a mediano plazo.

A continuación se indican los principales comentarios recibidos de los diferentes actores de los que se tubo respuesta, 17 en total, en relación con el mercado de la micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración en México.

Proveedores de equipos.

En lo que respecta al mercado actual y pasado inmediato, los proveedores de centrales consideran que los proyectos de microcogeneración no presentan perspectivas a mediano plazo, mientras que los que tienen un potencial de desarrollo son de capacidades mayores a 500 kW.

En relación con su visión del mercado en el futuro próximo, los proveedores estiman que está creciendo en los próximos años: el 75% considera que habrá un alto crecimiento en la venta de centrales (microturbinas y motores para diferentes combustibles) y el restante 25% considera que será moderado.

Respecto a las razones por las que se prevén se darán las ventas, los factores de mayor peso son: el alto costo de la energía eléctrica y el bajo costo del gas natural; un menor peso le dan a la legislación actual y a la indisponibilidad de la energía eléctrica.

En relación a la pregunta de si sus empresas tienen programado hacer inversiones en México para desarrollar los equipos en el país, el 67% considera que por el momento, mientras no se incrementa la demanda de los equipos, los seguirán importando.

En lo que respecta a los servicios que proporcionan, todos ellos además de vender los equipos prestan servicio post venta y mantenimiento; asimismo, un 60% de los entrevistados indicó que también otorgan financiamiento cuando los usuarios lo solicitan.

En relación a los sectores con mayor potencial de micro cogeneración, cogeneración de pequeña escala y trigeneración, los entrevistados consideran que los hospitales tienen un alto potencial, 60%, seguido de servicios y centros comerciales con un 40%. Asimismo, consideran que la industria mediana y pequeña tiene un alto potencial.

En resumen, se puede concluir que habrá un crecimiento del mercado de la pequeña cogeneración y trigeneración en México y que, los proveedores están preparados para proporcionar tanto los equipos como los servicios que requieren los usuarios (selección, diseño y mantenimiento de las centrales). Asimismo, es de resaltar que los sectores que identifican con mayor potencial son los hospitales, centros comerciales y la pequeña y mediana industria.

Desarrolladores de proyectos.

En respuesta a la pregunta de quiénes son los mejores aliados para la implementación de los proyectos, el 80% considera que son los mismos usuarios y el 60% que es la promoción que los mismos desarrolladores hacen.

En cuanto a la pregunta de si ven potencial de cogeneración en pequeña escala en México, el 80% indica que es alto.

Respecto a cuáles son los sectores que tienen mayor potencial, también coinciden con los proveedores en que son los sectores industriales (mediana y pequeña industria), pero también incluyen a los hoteles y hospitales.

En relación con las capacidades de las centrales que han instalado, el 10% están en el rango de 3 M a 5 MW, el 60% en el rango de 500 kW a 3 MW, y 20% en rangos menores.

En lo que respecta a cuáles son las causas por la que los proyectos no se realizan, la mayoría de ellos menciona que es el tiempo de retorno de la inversión, cuando éste es mayor a 5 años y, en segundo lugar mencionan la falta de combustible (gas natural).

Respecto a los servicios que proporcionan, todos comentan que realizar la ingeniería de detalle, el financiamiento y llevar a cabo los trámites ante las autoridades competentes. En relación con las tecnologías más frecuentemente usadas, el 62% dice que son las microturbinas y el 38% motores.

En resumen, se puede concluir que los desarrolladores consideran que existe un alto potencial de desarrollo de la pequeña cogeneración en México e identifican a los sectores hotelero, hospitales y pequeña y mediana industria como los más viables a instalar centrales de cogeneración y trigeneración. Sin embargo, identifican como barreras el tiempo de retorno de la inversión, cuando ésta es mayor a 5 años, así como la falta de disponibilidad de gas.

Desarrolladores y proveedores.

Analizando las respuestas de las empresas que son, tanto desarrolladores como proveedores de centrales, existe una total coincidencia con las respuestas que proporcionaron de forma separada y que se comentaron en los dos puntos anteriores.

Usuarios.

En respuesta a pregunta sobre el por qué decidió hacer el proyecto, todos coinciden en que fue para alcanzar una mayor eficiencia, seguida por el alto costo de la energía y el cuidado al medio ambiente. En relación con las actividades que mayor dificultad afrontaron para el desarrollo de sus proyectos, destacan: la ingeniería de detalle, los trámites, y la operación.

Respecto a los principales usos finales de la cogeneración en pequeña escala, los usuarios indican que el 67% tiene demanda de vapor y el 33 % de agua caliente.

En relación con el mantenimiento el 50% indica que tiene dificultades para darlo y el 50% que no tiene problemas.

En relación a la pregunta sobre si mejoró la calidad en el suministro de la energía, el 50% indica que si y el restante 50% que no se observó ningún cambio.

Resumen de las encuestas.

En resumen, las 17 empresas que respondieron los cuestionarios coinciden en que observan un desarrollo futuro de la micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración en México. A continuación se muestra una síntesis de las respuestas obtenidas.

- i. El costo de la energía (eléctrica) y los bajos costos de los combustibles son las principales razones para que se implementen los proyectos de cogeneración en pequeña escala y Trigeneración.
- ii. El 75% de los entrevistados visualiza un alto crecimiento del mercado y el restante 25% cree que será moderado.
- iii. Los proyectos con mayor factibilidad de desarrollo están en la mini y la pequeña empresa.
- iv. En relación con el sector comercial, se observa interés en los sectores hospitalario, hoteles, centros comerciales y la pequeña y medianas empresas.
- v. Las capacidades donde se ha presentado un mayor desarrollo de centrales son de 30 a 500 kW (60 proyectos) y de 500 a 3,000 kW (46 proyectos). En relación con la trigeneración, se identificaron dos proyectos, uno en un hotel y otro en oficinas.
- vi. En respuesta a quiénes son los mejores aliados para realizar los proyectos, la que mayor puntaje tuvo fue que, son los mismos usuarios los que solicitan a los proveedores y desarrolladores que les hagan los estudios respectivos.
- vii. En relación con la respuesta a la pregunta de cuál es la principal causa por la que los proyectos no se realizan, la de mayor puntaje fue el tiempo de retorno de la inversión.
- viii. En lo que concierne al tipo de servicios que prestan los desarrolladores y los consultores, los más típicos son: ingeniería, financiamiento, trámites y proyectos llave en mano.

3.2 Documentación de proyectos exitosos

A continuación se presentan nueve estudios de caso de proyectos de micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración en México..

Los proyectos corresponden a centrales clasificadas, según los propósitos del estudio en: pequeña escala y mediana escala en los sectores con mayor potencial; por el tipo de tecnología se presentan casos con microturbinas y motores. Los detalles de cada caso se presentan en las siguientes tablas. Tabla I - 4 a 12.

Tabla I - 4: Mediana escala

Sector	Comercial
Tecnología	Microturbina
Capacidad	<ul style="list-style-type: none"> • 1,200 kWe (20 unidades de 60 kWe cada una) • Proporciona el 40% del total de la demanda
Equipos complementarios	Chiller de absorción (400 TDR), compresores de gas natural
Clasificación	Mediana escala
Tipo de sistema	Trigeneración
Usos finales térmicos	Refrigeración
Usos finales eléctricos	Iluminación, elevadores y escaleras eléctricas
Combustible	Gas natural
Tiempo de operación	7 años
Estatus	En operación
Horas de uso	12 a 16 horas, todos los días
Beneficios	Confiabilidad en el suministro de energía (ante fallas de la red, se utiliza para servicios críticos: elevadores, escaleras e iluminación –parcial-)
Desventajas	El costo del mantenimiento es representativo (alto)
Razón de implementación	Confiabilidad ante fallas de la red
Tiempo de retorno de la inversión	Más de 5 años
Costo de la electricidad	N.D.
Conexión a la red	Media tensión
Lecciones aprendidas	Fue necesario rediseñar el sistema, dado que originalmente no se tomó en cuenta la demanda real (el tamaño de la planta se diseñó antes de la construcción del edificio)
Ubicación	Zona norte

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 5: Mediana escala

Sector	Industrial
Tecnología	Motor
Capacidad	800 kWe (una unidad)
Equipos complementarios	Chiller de absorción 200 TDR
Clasificación	Pequeña escala
Tipo de sistema	Trigeneración
Usos finales térmicos	Refrigeración
Usos finales eléctricos	Motores e iluminación
Combustible	Gas natural
Tiempo de operación	4 años
Estatus	En operación
Horas de uso	24 horas del día, todo el año
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor confiabilidad en el suministro de energía pues el proceso industrial es continuo • Dados los beneficios del sistema, el esquema de autoabastecimiento se replicó en otros procesos idénticos
Desventajas	Ninguna
Razón de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad en el suministro de energía • Costo de la energía eléctrica
Tiempo de retorno de la inversión	4 años
Costo de la electricidad	Se tuvo una reducción del 10% del costo de la red
Conexión a la red	Mediana tensión
Lecciones aprendidas	Se realizó un buen diseño con base en las mediciones puntuales de operación del proceso
Ubicación	Zona centro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 6: Mediana escala

Sector	Hotel
---------------	-------

Tecnología	Motor
Capacidad	2.4 MWe (dos unidades de 1.2 MWe cada una)
Equipos complementarios	Chiller de absorción
Clasificación	Gran escala
Tipo de sistema	Trigeneración
Usos finales térmicos	Refrigeración
Usos finales eléctricos	Iluminación, elevadores y equipamiento habitaciones
Combustible	Diesel
Tiempo de operación	3 años
Estatus	Parada por el costo del combustible
Horas de uso	12 a 14 horas al día, todo el año
Beneficios	Mayor confiabilidad en el suministro de energía
Desventajas	Ninguna
Razón de implementación	Reducir el costo de la energía eléctrica y los combustibles para calentamiento de agua sanitaria
Tiempo de retorno de la inversión	Entre 7 y 8 años (estimado originalmente)
Costo de la electricidad	Reducción en el costo de la electricidad, cuando operaba
Conexión a la red	Media tensión
Lecciones aprendidas	<ul style="list-style-type: none"> • La central dejó de operar debido a que el precio del diesel hacía incosteable la operación • Los cambios en políticas de los precios de los combustibles (internos en el país), son un gran riesgo para este tipo de sistemas
Ubicación	Zona centro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 7: Mediana escala.

Sector	Hotelero
Tecnología	Microturbina
Capacidad	600 kWe (3 unidades de 200 kWe cada una)

Equipos complementarios	Recuperador de calor
Clasificación	Pequeña escala
Tipo de sistema	Cogeneración
Usos finales térmicos	Agua caliente para uso sanitario
Usos finales eléctricos	Elevadores, iluminación y equipamiento de las habitaciones
Combustible	Gas LP
Tiempo de operación	5 años
Estatus	En operación
Horas de uso	24 horas
Beneficios	Mayor confiabilidad en el suministro de energía
Desventajas	El costo del mantenimiento es alto
Razón de implementación	Falta de suministro de energía de la red
Tiempo de retorno de la inversión	5 años
Costo de la electricidad	83 centavos de peso el kWh, con el costo actual del gas
Conexión a la red	Mediana tensión
Lecciones aprendidas	El sistema opera satisfactoriamente
Ubicación	Zona centro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 8: Mediana escala

Sector	Hotel (playa)
Tecnología	Microturbinas
Capacidad	1 MWe (5 unidades de 200 kWe cada una)
Equipos complementarios	Chiller de absorción, compresores de gas, recuperador de calor y generador de vapor (Heat Recovery Steam Generator, HRSG)
Clasificación	Mediana escala
Tipo de sistema	Trigeneración

Usos finales térmicos	Refrigeración, agua caliente sanitaria y vapor para lavandería
Usos finales eléctricos	Iluminación, elevadores y equipamiento de habitaciones
Combustible	Gas LP
Tiempo de operación	4 años
Estatus	En operación
Horas de uso	24 horas del día, todo el año
Beneficios	Mayor confiabilidad en el suministro de la energía
Desventajas	El costo de mantenimiento es alto
Razón de implementación	Ahorro en el costo de la electricidad
Tiempo de retorno de la inversión	N.D.
Costo de la electricidad	Reducción del costo de la energía mayor al 20%
Conexión a la red	Mediana tensión
Lecciones aprendidas	Fue necesario realizar un diseño muy detallado para proporcionar el suministro de los distintos usos finales (electricidad, vapor, agua caliente y frío)
Ubicación	Zona Pacífico

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 9: Mediana escala

Sector	Industrial
Tecnología	Microturbina
Capacidad	900 kWe (4 micro turbinas de 200 kWe cada una, más una unidad de ciclo ranking orgánico –CRH-, de 100 kWe)
Equipos complementarios	Ninguno
Clasificación	Cogeneración
Tipo de sistema	Pequeña escala
Usos finales térmicos	Los gases de desecho de las cuatro microturbinas se utilizan para generar energía en la unidad CRH
Usos finales eléctricos	Motores, iluminación y equipo de oficina

Combustible	Gas natural
Tiempo de operación	3 años
Estatus	En operación
Horas de uso	24 horas al día
Beneficios	Mayor confiabilidad en el suministro de energía pues el proceso es continuo
Desventajas	El costo del mantenimiento es alto
Razón de implementación	Confiabilidad en el proceso de producción
Tiempo de retorno de la inversión	3.5 años
Costo de la electricidad	Reducción del orden del 15% de la factura eléctrica
Conexión a la red	Media tensión
Lecciones aprendidas	Es necesario que los distribuidores tengan los conocimientos técnicos necesarios para dar un buen servicio a los usuarios, tanto en los temas técnicos como económicos
Ubicación	Bajío

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 10: Mediana escala.

Sector	Edificios
Tecnología	Microturbina
Capacidad	1,200 kWe (20 unidades de 60 kWe)
Equipos complementarios	Shiller de absorción
Clasificación	Pequeña escala
Tipo de sistema	Trigeneración
Usos finales térmicos	Aire acondicionado
Usos finales eléctricos	Iluminación, elevadores y equipo de cómputo
Combustible	Gas propano
Tiempo de operación	5 años
Estatus	En operación

Horas de uso	24 horas del día, todo el año
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor confiabilidad en el suministro de energía eléctrica
Desventajas	Ninguna
Razón de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad en el suministro de energía • Costo de la energía eléctrica
Ubicación	Zona centro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 11: Mediana escala

Sector	Edificios
Tecnología	Microturbina
Capacidad	800 kWe (5 unidades de 60 kWe)
Equipos complementarios	Ninguno
Clasificación	Pequeña escala
Tipo de sistema	Cogeneración
Usos finales térmicos	Ninguno
Usos finales eléctricos	Iluminación, elevadores y equipo de cómputo
Combustible	Gas natural
Tiempo de operación	5 años
Estatus	En operación
Horas de uso	16 horas del día, todo el año
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor confiabilidad en el suministro de energía pues el proceso industrial es continuo
Desventajas	Ninguna
Razón de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad en el suministro de energía • Costo de la energía eléctrica
Ubicación	Zona centro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla I - 12: Pequeña escala

Sector	Centro deportivo
Tecnología	Microturbina
Capacidad	240 kWe (4 unidades de 60 kWe)
Equipos complementarios	Ninguno
Clasificación	Pequeña escala
Tipo de sistema	Cogeneración
Usos finales térmicos	Agua caliente sanitaria y albercas
Usos finales eléctricos	Iluminación y bombeo, principalmente
Combustible	Gas propano
Tiempo de operación	3 años
Estatus	En operación
Horas de uso	16 horas del día, todo el año
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor confiabilidad en el suministro de energía pues el proceso industrial es continuo
Desventajas	Ninguna
Razón de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad en el suministro de energía • Costo de la energía eléctrica
Ubicación	Zona centro

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Principales Actores en México.

Si bien antes de 1992, año en que se realizaron modificaciones a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, las grandes industrias públicas y privadas ya contaban con sistemas de cogeneración, posteriormente a la publicación de la ley se crearon diversos organismos como la CRE y la CONUEE, las empresas de ingeniería y los proveedores de equipos iniciaron acciones para promover y desarrollar proyectos, en los sectores de la industria con mayor potencial, particularmente en la pequeña y mediana industria. La **Tabla I - 13** muestra una lista de proveedores, desarrolladores, consultores, promotores, etc., identificados para los fines de este estudio.

Tabla I - 13: Lista de empresas relacionadas con proyectos micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración

Proveedores.	Desarrolladores, consultores y promotores
General Electric/Jenbacher	Industria Cogeneradora, INCO
Caterpillar/Madisa	Ambar Electro Ingeniería
Cummins	Maquinaria IGSA
Capstone	SEISA
MWM/Ambar	Dalkia
Guascor	Guascor/Dresser
Solar	Arteche
	Caterpillar/Trasca
	Capstone
	Elpro
	IGSE
	Ecoenergy
	GBriones

4 Potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México

De la revisión bibliográfica sobre el potencial de micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración en México, no se encontró información relacionada de su aplicación.

Por lo anterior, para estimar el potencial de micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración en México se realizaron las siguientes actividades:

- i. Identificación de subsectores con potencial de cogeneración y trigeneración;
- ii. Estimación del potencial por subsectores;
- iii. Estimación del potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración.

4.1 Subsectores con potencial de cogeneración y trigeneración

Con base en los casos exitosos documentados así como de estudios realizados en algunos sectores comerciales y de servicios en México¹³¹⁴, se puede concluir que existe un potencial de ahorro de energía dependiendo del tipo de usuario, al instalar centrales de micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración en México. La variabilidad del ahorro de energía de los casos analizados es entre el 10 y el 30%, mientras que las capacidades son entre 240 kW y 3,600 kW de demanda eléctrica. El resumen se muestra en la Tabla I - 14.

Tabla I - 14: Ejemplos típicos de centrales de mini y pequeña cogeneración y trigeneración en México.

Sector	Ubicación	Tecnología	Tipo de generación	Capacidad instalada (kW)	Ahorro en energía	Fuente
Hotel	Costa	Micro turbina	Trigeneración	1,000	20%	Encuesta
	Ciudad	Micro turbina	Cogeneración	600	25%	Encuesta
		Motor	Trigeneración	1,000	24%	(1)
Hospital	Ciudad	Motor	Trigeneración	3,600	24%	(2)
Centro Comercial	Ciudad	Micro turbina	Trigeneración	1,200	13%	Encuesta
Centro deportivo	Ciudad	Micro turbina	Cogeneración	240	30%	Encuesta
Edificio de oficina	Ciudad	Micro turbina	Cogeneración	800	30%	Encuesta
		Micro turbina	Trigeneración	1,200	30%	Encuesta
Pequeña industria	Ciudad	Micro turbina	Cogeneración	900	15%	Encuesta
		Motor	Trigeneración	800	10%	Encuesta

(1) ESTU; Estudio Hotel; Tech4 CDM, IDAE, Cogen España, UE, 2009.

(2) ESTUD; Estudio Hospital; Tech4 CDM, IDEA, Cogen España, UE, 2009.

Fuente: elaboración propia.

¹³ ESTU; Estudio Hotel; Tech4-CDM; IDAE, Cogen España, UE; 2009.

¹⁴ ESTUD; Estudio Hospital; Tech4-CDM; IDAE, Cogen España, UE; 2009.

4.2 Estimación del potencial por subsectores

A continuación se presentan las características y el potencial en los diferentes subsectores en los que es posible implementar centrales de micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración.

Dichos sectores son hospitales, hoteles y centros comerciales. Cabe comentar que si bien las encuestas indican que el sector industrial (pequeña y medianas empresas) tienen potencial de cogeneración, no se analizaron debido a que no se cuenta con información de usos finales que permita calcular el potencial de cogeneración.

4.2.1 Hospitales

Los hospitales en México se clasifican en dos grandes grupos: los conocidos como servicio público, que son administrados por dependencias y entidades del Gobierno Federal como son: la Secretaría de Salud, el Instituto Mexicano del Seguro Social y el Instituto de Seguridad y Servicios de Salud para los Trabajadores del Estado; y por otro lado los hospitales privados. La **Tabla I - 15** muestra la distribución y características de los 3,841 hospitales en el país, donde poco más del 80% son privados.

Tabla I - 15: Tipo y número de hospitales en México

Institución	Tipo de hospitales				Total
	Hospitales Federales de Referencia	Hospitales Regionales de Alta Especialidad	Hospitales psiquiátricos	Institutos de Investigación-Hospitales	
SSA (1)	6	5	3	13	27
	Hospital	Hospital general de zona/Regional	Hospital 3 N (investigación y alta capacitación)		
IMSS (2)	252	222	26		500
	Centros hospitalarios de diversos tipos (Hospital general; Clínica hospital; Clínica médica familiar; Unidad de medicina familiar; Clínica médica familiar con especialidades de quirófano)			Hospitales de alta especialidad (4)	
ISSSTE (3)	229			3	226
	Sin clasificación			Hospitales de alta especialidad (4)	
Privados (5)	3,002			86 (6)	3,088
Total					3,841

(1) Secretaría de Salud, 2011;

(2) Instituto Mexicano del Seguro Social, 2011;

(3) Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado, 2011;

(4) Estimación propia

(5) Estadísticas de Salud en Hospitales Particulares, INEGI 2011;

(6) cuentan con más de 50 camas.

Fuente elaboración propia

Como se observa en la **Tabla I - 15**, existe una clasificación dependiendo del tipo de servicios que prestan los hospitales.

En el caso de la Secretaría de Salubridad podrían considerarse como hospitales con potencial para contar con una central de cogeneración y/o trigeneración, los 13 Institutos de Investigación-Hospitales (48% del total), los cuales son los de mayor importancia, por el tipo de servicios que presta este subsector. Todos ellos cuentan con más de 50 camas. Sus requerimientos típicos son: vapor, agua caliente, refrigeración y electricidad. Paralelamente, la confiabilidad del suministro de energía es muy importante, debido a las bases de datos (banco de muestras clínicas de los pacientes) con que cuentan y el tipo de servicio que proporcionan.

En relación con el Instituto Mexicano del Seguro Social, los hospitales con potencial de cogeneración y trigeneración son los 26 clasificados como 3N (investigación y alta capacitación), así como los 32 hospitales generales de zona/regional, ubicados en las ciudades capitales de los estados, los cuales, por el tipo de servicio que proporcionan, sus requerimientos típicos son: vapor, agua caliente, refrigeración y electricidad. En todos los casos el número de camas es mayor a 50. En resumen, el número de hospitales en este subsector con potencial se estima es de 58, equivalente al 11.4% del total (500 hospitales).

Si bien el Instituto de Servicios y Seguridad para los Trabajadores del Estado cuenta con 226 hospitales, un número importante de ellos son clínicas. Sin embargo, cuenta con 3 hospitales de alta especialidad, con servicios similares a los que presta el SS y el IMSS.

En relación con los hospitales privados, el INEGI¹⁵ reporta que existen 86 hospitales con más de 50 camas, de los 3088 que registrados en las estadísticas en el año 2012.

De lo anterior, se puede resumir que existen al menos 160 hospitales, el 4.1% del total, que tienen potencial de micro-cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración.

4.2.2 Centros comerciales

Según la Revista Real Estate Markets & Life Style¹⁶, en el año de 2011 había en México un total de 513 centros comerciales, de más de diez mil metros cuadrados, en las principales ciudades del país. Asimismo, indica que, se encontraban en construcción 40 nuevos centros que entrarán en operación entre el 2011 - 2013, además de que está planeado construir 58 más, para el año 2015, lo cual hace un total de 611.

Por otro lado, la CRE reporta al 2012 en su lista de permisos de generación de energía mayores a 500 kW, un total de 22 tiendas departamentales en centros comerciales, equivalente al 4.8% de los centros actualmente en operación. Sin embargo, existen algunos centros comerciales que cuentan con centrales de capacidad menor a los 500 kW, pero que no están registrados pues no requieren permiso de la CRE para operar.

Por otro lado, es de mencionarse que los centros comerciales en México cuentan en promedio con tres tiendas departamentales, también conocidas como "tiendas ancla".

Si bien ya existe un 4.8% de tiendas departamentales que cuentan con permiso para autoabastecimiento, puede estimarse que al menos un 20% de ellas puede contar con una central de cogeneración y/o trigeneración, es decir 122, del total de los 611 centros comerciales que estarán en servicio en el año 2015.

¹⁵ ANU; Anuario de estadísticas por entidad federativa, INEGI; 2011.

¹⁶ REV; Revista Real Estate Markets & lifestyle, 2011., 2011

4.2.3 Hoteles

Fonatur monitorea los principales destinos turísticos del país con hoteles de alta categoría, los cuales son en total 70, incluyendo 19 centros de playa más 45 de las ciudades importantes, comprendidas las capitales de los estados (32), las cuales cuentan con hoteles para turismo y negocios¹⁷.

En relación con el número de hoteles, su clasificación por categoría (número de estrellas) y el número de camas de hoteles en el país, la **Tabla I - 16** muestra el total, que asciende a 16,626 hoteles y 621,946 habitaciones.

Tabla I - 16: Clasificación de hoteles por categoría

Categoría	Número de hoteles	Número de cuartos
5 estrellas	1,042	164,771
4 estrellas	1,712	120,842
3 estrellas	2,853	104,544
2 estrellas	2,205	59,957
1 estrella	2,655	52,969
Sin clasificación	6,159	118,863
Total	16,626	621,946

Fuente: Anuario de estadísticas por entidad federativa, INEGI; 2011

Si bien todos los hoteles de 5 y 4 estrellas cuentan con equipo de aire acondicionado, una alternativa conservadora de hoteles a contar para la instalación de centrales de micro cogeneración, cogeneración en pequeña escala y trigeneración, es el considerar exclusivamente los hoteles de cinco estrellas, los cuales representan el 6.3% de todos los hoteles, pero el 26.5% de los cuartos.

4.3 Estimación del potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México

De la información obtenida a partir de las encuestas, los tres subsectores con mayor viabilidad para instalar una central de micro y pequeña cogeneración y trigeneración son el hospitalario, el hotelero y los centros comerciales.

En los hospitales la tecnología aplicable es la trigeneración, debido a que sus principales usos finales son, la electricidad para iluminación y aire acondicionado, mientras que el vapor para lavandería y agua caliente sanitaria. En relación con la capacidad promedio de la central el único estudio disponible en México considera 1.021 MW para un hospital de alta especialidad¹⁸. Un estudio realizado en 47 hospitales en Andalucía, España¹⁹, indica una capacidad promedio instalada de 0.744 MW, mientras que en California, USA, otro estudio en 42 hospitales muestra

¹⁷ ESTA; Estadísticas más recientes de la actividad del sector turismo; Sectur; mayo, 2011.

¹⁸ ESTU; Estudio Hospital; Tech4 CDM, IDEA, Cogen España, UE, 2009.

¹⁹ AGE; Agencia Andaluza de Energía; La cogeneración en Andalucía. Situación actual y potencial de desarrollo; IDAE, 2010

que la capacidad instalada promedio es de 4 MW²⁰. Por lo anterior, para fines de este estudio, se considera 1.021 MW como la capacidad típica de una central eléctrica para hospitales.

En el caso de los hoteles la tecnología aplicable es la cogeneración, debido a que su utilización es principalmente en electricidad para iluminación, elevadores y aire acondicionado; para el agua caliente de uso sanitario se utiliza una pequeña parte del calor de desecho de la central, pues su demanda es muy baja (baño de huéspedes, en las mañanas y en la noche). En lo referente a la capacidad de las centrales, en México se cuenta con información de tres hoteles: uno de 2.4 MW (gran turismo en ciudad de México) otro de 0.6 MW (hotel de negocios en ciudad de México) y un tercero en un centro vacacional en la playa de 1 MW, lo cual da un promedio aritmético de 1.33 MW. Un estudio realizado en Andalucía, España en 56 hoteles indica que la potencia media instalada es de 0.3 MW², mientras que en California, USA la capacidad promedio instalada es de 0.459 MW, en un estudio en 63 hoteles³. En consecuencia, para la evaluación del potencial en el caso de México se propone no considerar la demanda del hotel de gran turismo (2.4 MW) y tomar la media de los otros dos restantes, es decir 0.800 MW.

En relación con los centros comerciales se puede decir que la tecnología aplicable es la cogeneración, pues su utilización es principalmente en electricidad para iluminación, escaleras eléctricas y aire acondicionado. En cuanto a la capacidad promedio de las centrales, de los 22 permisos solicitados a la Comisión Reguladora de Energía para tiendas departamentales el promedio es de 1.57 MW, con un valor mínimo de 0.569 MW y un valor máximo de 4.83 MW. Por lo anterior, para el caso del presente estudio se tomará como capacidad de una planta de pequeña cogeneración 4.710MW, suponiendo que un centro comercial cuenta normalmente con tres tiendas departamentales (también conocidas como tiendas ancla).

Considerando la información anterior, se identifica un potencial de pequeña cogeneración y trigeneración en México de 1,670 MW, como se detalla en la Tabla I - 17.

Asimismo, es de mencionarse que no se identificaron en México casos de micro cogeneración y micro trigeneración, por lo cual no es posible establecer un potencial.

Tabla I - 17: Potencial de micro y pequeña cogeneración y trigeneración.

Sector	Número de usuarios	Potencia promedio (MW)	Tecnología	Potencial (MW)
Hospitales	160	1.021	Trigeneración	163
Centros comerciales	122	4.710	Cogeneración	674
Hoteles	1,042	0.800	Cogeneración	833
Total				1,670

²⁰ EPA; Road Map CHP; <http://www.energy.ca.gov/>,2007

5 Mejores prácticas en el ámbito internacional

A fin de mostrar medidas de apoyo y ejemplos de mejores prácticas en el contexto de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración se han seleccionado los siguientes cuatro países/estado:

- Reino Unido
- Alemania
- España
- California (estado individual, en lugar de Estados Unidos completo, debido a la especificidad de la evolución del mercado y las políticas en cada estado)

Con esta selección se buscaba cubrir los tres criterios principales siguientes:

1. Experiencia con mercados establecidos de cogeneración/trigeneración
2. Variedad de instrumentos y políticas de apoyo
3. Similitud con las condiciones climáticas de México

Reino Unido y Alemania son especialmente adecuados respecto de los criterios 1 y 2, debido a sus mercados bien establecidos de cogeneración y la mezcla de políticas de apoyo. España y California cumplen particularmente el criterio 3, debido a sus condiciones climáticas y, en consecuencia, a aplicaciones diferentes de cogeneración (es decir, menor demanda de calefacción de locales). El análisis de los cuatro países/estado ofrece una amplia visión sobre el tema y permite extraer algunas conclusiones y recomendaciones para México.

5.1 Reino Unido

5.1.1 Condiciones en el Reino Unido

Clima

El clima en el Reino Unido es oceánico templado. La temperatura media anual en altitudes bajas varía entre alrededor de 8,5 °C y 11 °C, dándose los valores más altos en los alrededores o las proximidades de las costas de Cornwall (sudoeste del país). La temperatura media invernal es de unos 4,4 °C (40 °F) y la estival alcanza unos 15,6 °C (60 °F). [Wik 2012a]

Las bajas temperaturas invernales generan una demanda alta de calefacción durante varios meses, que varía según la localización en el Reino Unido.

Uso y abastecimiento de energía

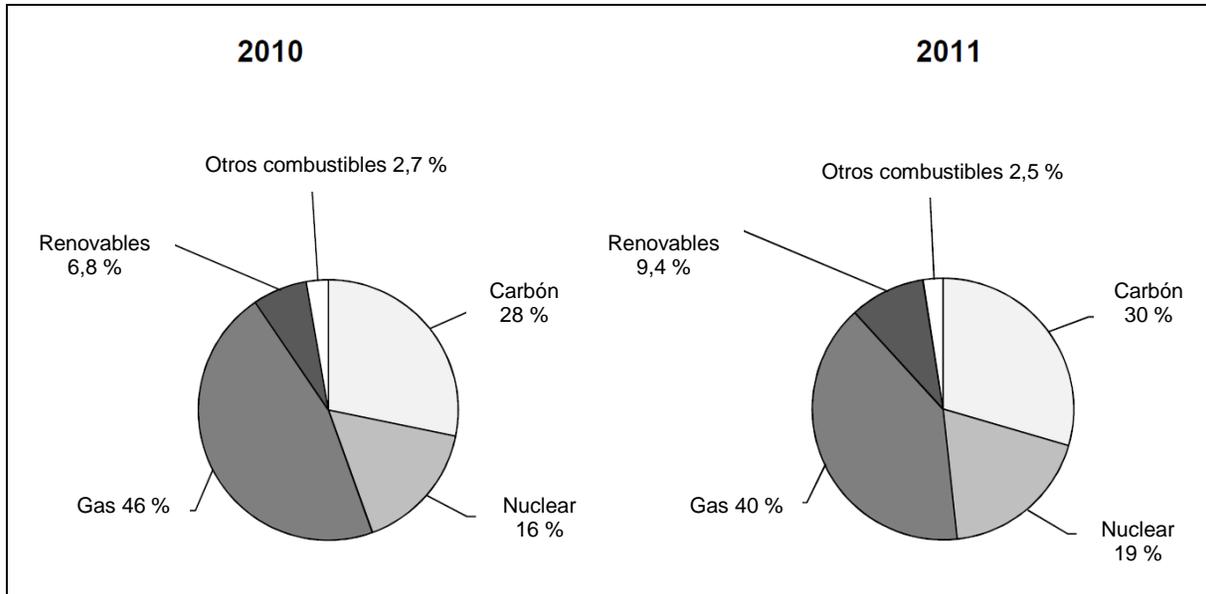
En 2011 se generaron en el Reino Unido 368 TWh de electricidad, con una potencia instalada de 57.086 MW_e. (DECC 2012a²²). El porcentaje con el que cada combustible contribuye a la generación de electricidad puede verse en la **Figura II – 1**. Con un 40 %, el gas natural es el combustible más importante para la generación de energía, seguido por el combustible nuclear y el carbón. El porcentaje de electricidad generada por energías renovables alcanzó un 9,4 %

²¹ Wikipedia, Clima del Reino Unido, http://es.wikipedia.org/wiki/Clima_del_Reino_Unido, acceso comprobado el 27 de noviembre de 2012

²² DECC, DUKES: *Chapter 5. Electricity*, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65818/5955-dukes-2012-chapter-5-electricity.pdf, acceso comprobado el 15 de diciembre de 2012

en 2011. La eficiencia media de la generación de electricidad en el Reino Unido es de aproximadamente un 36 %, con una eficiencia global de las centrales térmicas de producción centralizada de alrededor del 47 %.

Figura II - 1: Electricidad suministrada por tipo de combustible en el Reino Unido en 2010 y 2011

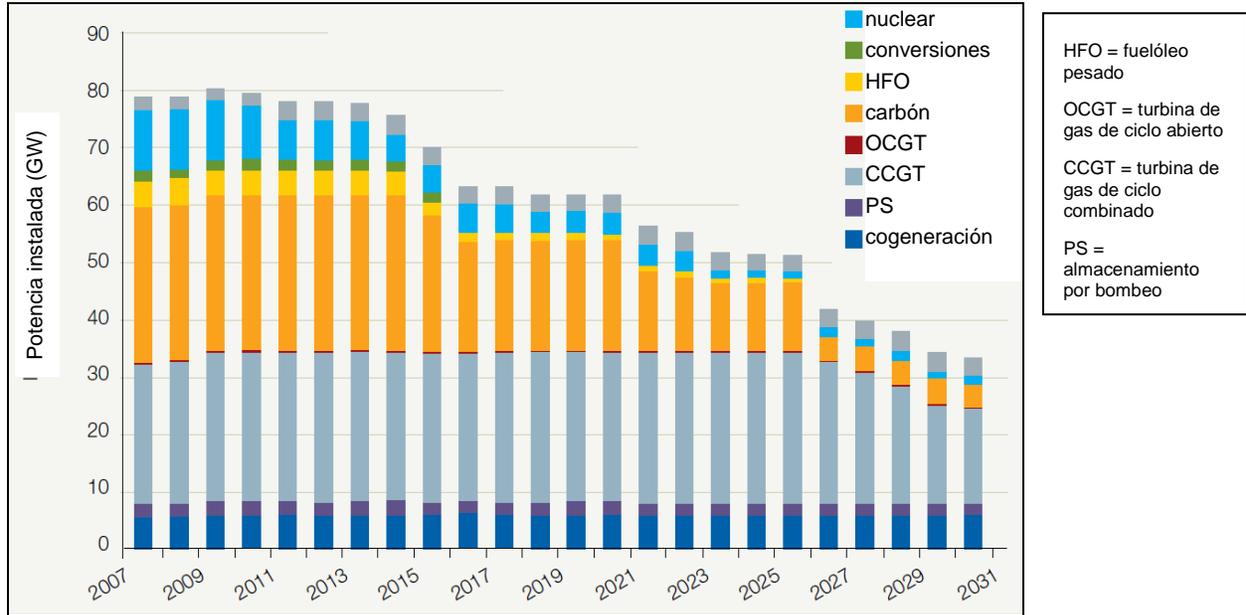


Fuente: [DECC 2012a²³]

Según puede verse en la **Figura II – 1**, la capacidad de generación convencional de electricidad en el Reino Unido se reducirá significativamente en las próximas décadas. Sin embargo, se prevé que la demanda de energía sólo disminuirá levemente. Esto genera un déficit potencial de capacidad de suministro estable de energía, dado que el suministro a partir de fuentes de energía no convencionales –como la energía eólica y solar– fluctúa en función de las condiciones meteorológicas. Así, la producción descentralizada y flexible de energía, p. ej. la pequeña cogeneración, está adquiriendo cada vez más importancia para el sistema energético del Reino Unido.

²³ DECC, DUKES: *Chapter 5. Electricity*, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65818/5955-dukes-2012-chapter-5-electricity.pdf, acceso comprobado el 15 de diciembre de 2012

Figura II - 2: Previsión de la potencia instalada de generación convencional de electricidad en el Reino Unido



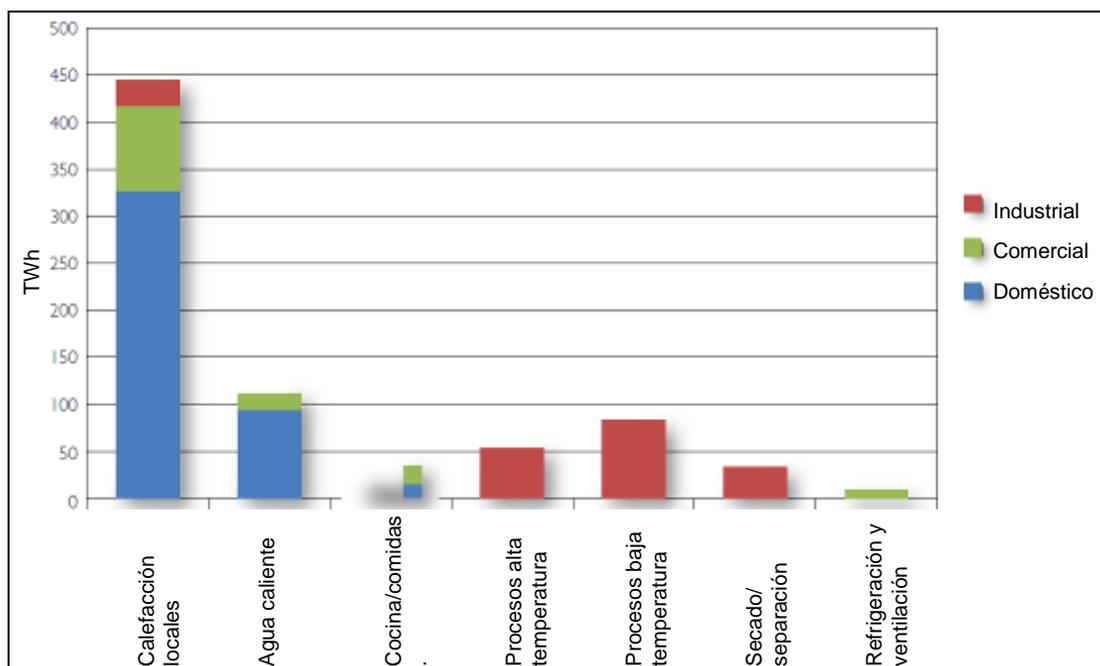
Fuente: [WWF 2008²⁴]

En 2009 se consumieron en total en el Reino Unido cerca de 712 TWh de calor, alcanzando el consumo total de energía en el país 1.668 TWh. La refrigeración sólo corresponde al 0,5 % de la demanda total de energía. (Figura II - 3) [DECC 2012b²⁵]

²⁴ WWF: *Closing the energy gap – Summary paper*, 2008

²⁵ DECC: *The Future of Heating: A strategic framework for low carbon heat in the UK*, 2012

Figura II - 3: Consumo de energía calorífica por sectores y uso final en el Reino Unido en 2009



Fuente: [DECC 2012b²⁶]

Precio de la energía

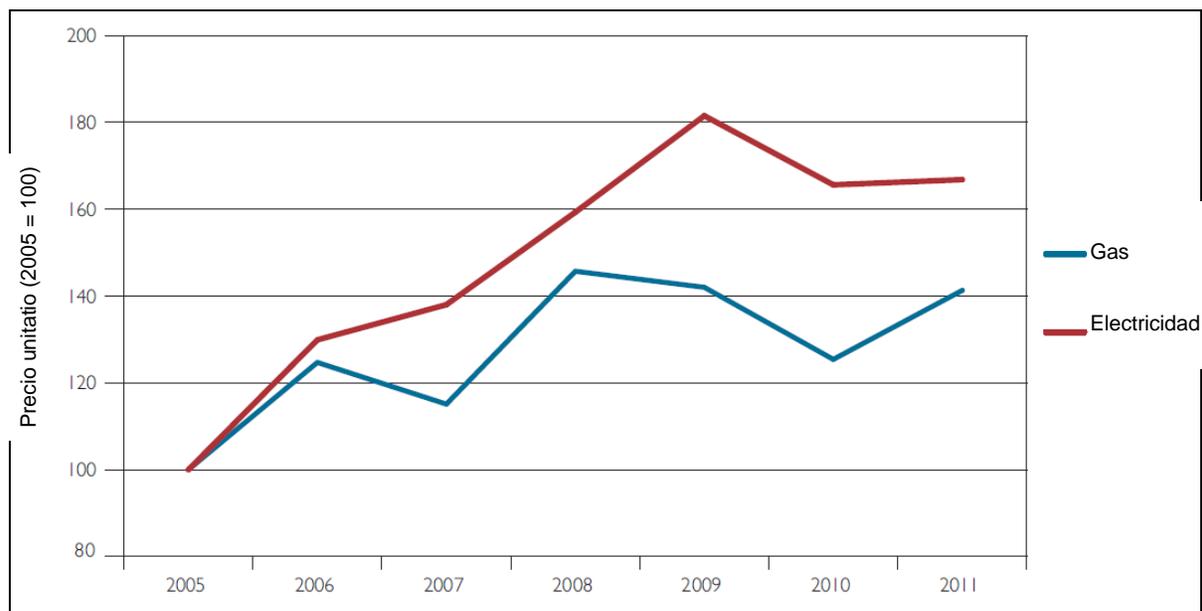
En la **Figura II – 4** se muestran los precios de la electricidad y el gas natural en el Reino Unido (en comparación con los demás países analizados en el presente informe). El precio medio de la electricidad en 2011, incluido el impuesto para clientes domésticos, fue de unos 20,5 céntimos de dólar por kWh_e. Para clientes industriales, el precio de la electricidad fue mucho más bajo, de 12,7 céntimos de dólar por kWh_e. Debido a los precios relativamente elevados de la electricidad en el sector residencial, existe en éste una motivación bastante grande para generar su propia electricidad, p. ej. mediante unidades descentralizadas de micro o minicogeneración.

El gas natural es la fuente de energía más importante para el abastecimiento de energía calorífica y electricidad en el Reino Unido. Además, es la fuente de energía más importante para la generación combinada de electricidad y energía calorífica en este país. La disminución en la cantidad de gas producida en el Reino Unido ha convertido al Reino Unido en importador de gas natural desde 2004, tras haber sido un país exportador los años anteriores. El resultado ha sido un aumento del precio del gas natural. En 2011, el precio medio del gas natural para los clientes domésticos era de unos 6,5 céntimos de dólar por kWh. En ese mismo año, los clientes industriales pagaban un precio medio de unos 3,6 céntimos por kWh. [DECC 2012c²⁷]

²⁶ DECC: *The Future of Heating: A strategic framework for low carbon heat in the UK*, 2012

²⁷ DECC: *Quarterly Energy Prices - September 2012*, 2012

Figura II - 4: Precio medio de venta al público del gas y la electricidad para consumidores no domésticos (precio nominativo)



Fuente: [LGiU 2012c²⁸]

Según se observa en la **Figura II - 4**, el precio tanto de la electricidad como del gas natural ha aumentado notablemente a lo largo de los últimos seis años para los consumidores no domésticos. La diferencia entre el precio de la electricidad y el precio del combustible utilizado (generalmente gas natural) es un factor decisivo para la rentabilidad de la cogeneración, por lo que es preciso mencionar que el precio de la electricidad aumentó más que el precio del gas natural. En 2011, los precios de la electricidad habían aumentado en más de un 60 % respecto del nivel de 2005, y los precios de gas natural en más de un 40 %. Las razones para el aumento de los precios de la electricidad son numerosas: menor producción en el Reino Unido, creciente dependencia de los mercados internacionales, mayor demanda mundial, vínculos entre los mercados del petróleo y el gas; acciones de algunos países abastecedores, impuestos y políticas dirigidas a reducir las emisiones de carbono. [Par 2013²⁹]

Disponibilidad de gas natural

El gas natural es la fuente de energía más importante para la electricidad y la energía calorífica en el Reino Unido, por

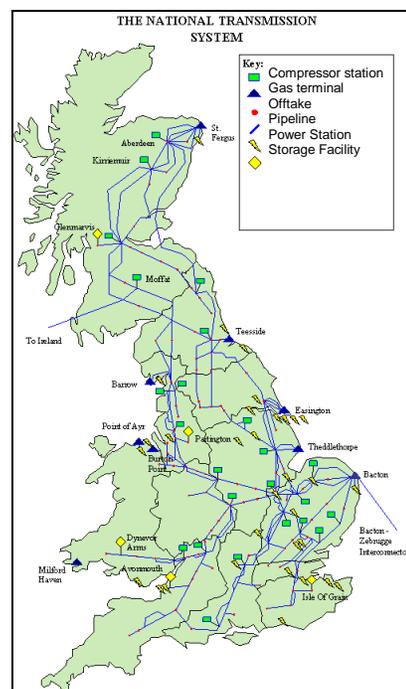
Figura II - 5: Gasoductos principales en el Reino Unido

SISTEMA NACIONAL DE TRANSPORTE

²⁸ LGiU: *A guide to financing energy efficiency in the public sector*, <http://www.decc.gov.uk/eedo>, acceso comprobado el 5 de diciembre de 2012

²⁹ Parlamento del Reino Unido: *Energy price rises and fuel poverty*, <http://www.parliament.uk/business/publications/research/key-issues-for-the-new-parliament/green-growth/energy-price-rises/>, 2013

lo que este país dispone de un sistema de distribución de gas muy bien desarrollado. De esta manera se garantiza un buen acceso a los gasoductos en prácticamente todas las regiones del país, especialmente en las zonas urbanas (véase **Figura II – 5**). Nota: Las tuberías trazadas en la **Figura II – 5** son sólo los gasoductos principales. Existen muchas más tuberías que distribuyen el gas natural en el Reino Unido a baja presión.



Fuente: [Ron 2005³⁰]

La red nacional de transporte de gas tiene una longitud total de 7.600 kilómetros y su explotación corre a cargo de un operador nacional (National Grid). Incluyendo también las tuberías de baja presión, el sistema de distribución de gas alcanza una longitud total de 275.000 km.

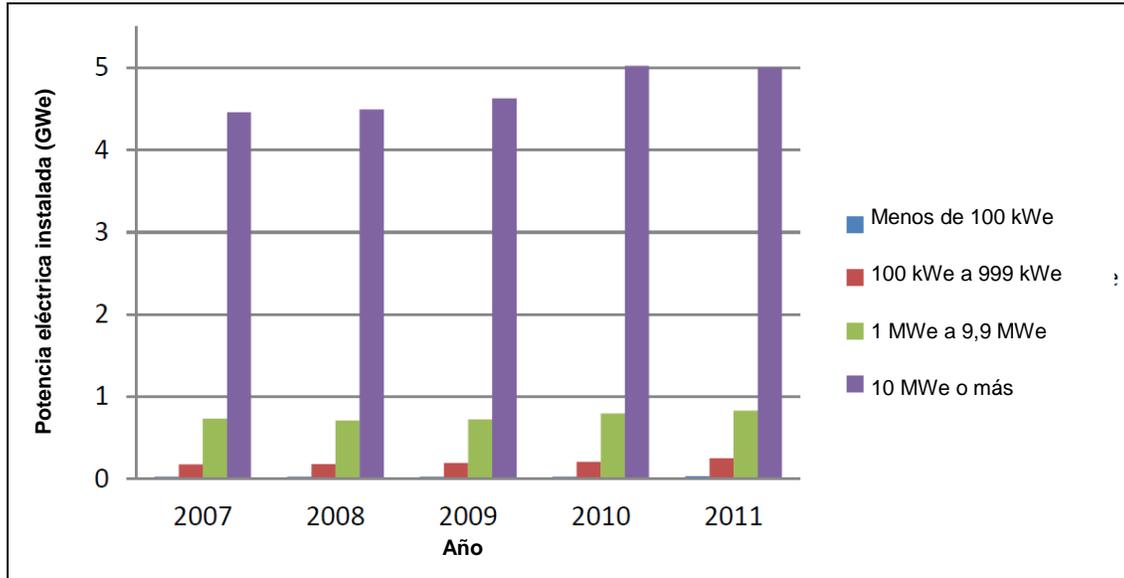
5.1.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en el Reino Unido

En la **Figura II – 6** se observa que entre 2007 y 2011 se produjo un aumento moderado de la potencia instalada de unidades de cogeneración en el Reino Unido. Claramente, la mayor parte de la potencia instalada corresponde al rango de más de 10 MW_e de potencia instalada para el dimensionamiento de la planta, alcanzando la potencia total instalada en este rango 5 GW_e en 2011. La potencia total instalada de todas las unidades de cogeneración ascendió ese mismo año a unos 6,1 GW_e. A pesar de su menor contribución a la potencia total instalada, el mercado de la microcogeneración (definida en el Reino Unido como < 50 kW_e) y pequeña cogeneración (definida en el Reino Unido como < 1 MW_e) es más dinámico que el mercado de la cogeneración a gran escala, habiendo crecido aquel en 2011 un 18 % en relación con 2010. [COG 2012a³¹]

³⁰ MacRonald, C.: *Modelling the UK Gas Transmission Network*, 2005

³¹ COGEN Europe: *European Cogeneration Review - United Kingdom*, 2012

Figura II - 6: Potencia instalada de cogeneración según rango de potencia y dimensionamiento en el Reino Unido (2007 – 2011)



Fuente: [COG 2012a³¹]

De toda la potencia eléctrica instalada de cogeneración en el Reino Unido, aproximadamente el 90 % se utiliza en la industria. Los dos sectores industriales que más utilizan la cogeneración son las refinerías de petróleo (37%) y la industria química (31%); les siguen los sectores papel, publicación e impresión (7%) y alimentos, bebidas y tabaco (7%) (Véase **Figura II - 7**) [COG 2012a³³]. Téngase en cuenta que estos valores se refieren a la potencia total de cogeneración, siendo la mayoría plantas de cogeneración a gran escala.

Tabla II - 1: Medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en el Reino Unido

Tipo de medida	Descripción
Marco normativo	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en el régimen de autorización³³, ventajas para unidades de pequeña cogeneración³⁴ - Garantía de acceso justo y fácil a la red para unidades de pequeña cogeneración
Precio y prima garantizados	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa regulada (Feed-in-Tariff, FIT) para cogeneración <ul style="list-style-type: none"> - FIT para microcogeneración (< 2 kW_e) (pago por kWh_e, garantía de 10 años) - Prima adicional para la electricidad exportada de microcogeneración (< 2 kW_e) - Máximo de unidades de microcogeneración apoyado por FIT: 30.000 - FIT para cogeneración con biogás (< 5 MW_e) • Incentivo al calor renovable (RHI, Renewable Heat Incentive) para todas las plantas de cogeneración con fuente de energía renovable (garantía de 20 años)
Programa de certificación	<ul style="list-style-type: none"> • Las unidades de cogeneración con fuente de energía renovable pueden obtener certificados de uso de energías renovables (ROC, Renewables Obligation Certificates) <ul style="list-style-type: none"> - Requisito obligatorio para los proveedores de electricidad en el Reino Unido de generar un porcentaje creciente de la electricidad a partir de fuentes renovables adecuadas - Actualmente, un ROC representa 1 MW_e de fuentes renovables adecuadas - El valor de los ROC depende de la demanda del mercado (entre £40 y £50 en 2011)
Apoyo a la inversión: incentivos fiscales y subvenciones	<ul style="list-style-type: none"> • Las unidades de cogeneración de buena calidad pueden disfrutar de una desgravación sobre bienes de capital mejorada (Enhanced Capital Allowances, ECA): <ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de amortizar el 100 % de la inversión en el primer año después de realizarla - No es combinable con ROC o RHI • Microcogeneración hasta 50kW_e puede acceder al Green Deal (“acuerdo ecológico”) desde enero de 2013

³³ El 1 de octubre de 2001 el gobierno puso en vigor leyes que atenuaban los criterios para la dispensa de autorización para la generación y el suministro de electricidad, e introducían medidas de exención para la distribución de electricidad. Es probable que varios sistemas, actuales y futuros, especialmente en el ámbito de la energía comunitaria, puedan beneficiarse de una exportación más fácil, en particular si es a arrendatarios. Los nuevos criterios incluyen límites de potencia producida:

- distribución de 2,5 MW_e a consumidores domésticos, y hasta 1 MW_e adicional de una planta de generación incorporada al sistema de distribución;
- suministro de no más de 5 MW_e, de los cuales no más de 2.5 MW_e podrían suministrarse a consumidores domésticos (generación in situ o recibidos de un proveedor con licencia); y
- suministro a un consumidor único o grupo de consumidores (si estos consumidores están localizados en el lugar donde se genera la energía o toman la energía directamente a través de cables privados).

[...] Esto permite a más operadores de sistemas suministrar electricidad directamente, sin necesidad de afrontar la dificultad adicional administrativa asociada a convertirse en un proveedor con licencia. (Véase más información en [Def 2004¹⁷])

³⁴ Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra): *The Government's Strategy for Combined Heat and Power to 2010*, <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20080305115859/http://defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/energy/chp/pdf/chp-strategy.pdf>, acceso comprobado el 15 de diciembre de 2012

	<ul style="list-style-type: none">- Préstamos del sector privado para hogares y empresas que realizan mejoras en la eficiencia energética- Reembolso del préstamo se financia a través de un suplemento sobre el contador eléctrico
Privilegios fiscales	<ul style="list-style-type: none">• Trato preferencial bajo las tasas empresariales (Business Rates) para determinadas unidades de cogeneración de buena calidad• Las instalaciones domésticas de microcogeneración (menos de 50 kW_e y 45 kW_{th}) se benefician de un impuesto sobre el valor añadido (IVA) reducido del 5 % (normalmente 20%)• Exención de la tasa de cambio climático Climate Change Levy (CCL) para todos los insumos de combustible y productos de electricidad de las unidades de cogeneración de buena calidad- La CCL afecta a la mayoría de los suministros no domésticos de energía utilizada- La cogeneración de “buena calidad” está exenta de la CCL sobre el combustible utilizado (siempre que la eficiencia energética no sea inferior al 20 %; en caso contrario se reduce la exención)

Fuente: [COG 2012a³⁵], [Def 2004³⁶]

5.1.4 Estudios de caso en el Reino Unido

A continuación se incluye una selección de estudios de caso de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en el Reino Unido. Según muestran los estudios elegidos, en el Reino Unido la micro y pequeña cogeneración y trigeneración se utilizan para una amplia gama de aplicaciones y proyectos de diversa envergadura. En los ejemplos expuestos, la tecnología se aplica para suministrar electricidad y calor y/o frío a una universidad, una estación de bomberos, un hotel, un complejo residencial, un museo y una piscina. Debido a las temperaturas relativamente frías en el país (véase capítulo 7.1.1), existen pocos proyectos de trigeneración. En los ejemplos presentados a continuación se incluye sólo un proyecto de trigeneración, en el que se utiliza el calor para calentar un museo durante el invierno y el frío para su refrigeración durante el verano. Las potencias instaladas en los ejemplos mostrados varían entre 5,5 kW_e y 2,3 MW_e.

³⁵ COGEN Europe: *European Cogeneration Review - United Kingdom*, 2012

³⁶ Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra): *The Government's Strategy for Combined Heat and Power to 2010*, <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20080305115859/http://defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/energy/chp/pdf/chp-strategy.pdf>, acceso comprobado el 15 de diciembre de 2012

Proyecto: Residencia de estudiantes Mansfield Halls (Reading)

La residencia Mansfield Halls, cerca de Reading, ofrece alojamiento a estudiantes de la University of Reading. Los bloques A a F del complejo albergan un total de 457 dormitorios, y el bloque G aloja 147 dormitorios y 14 pequeños apartamentos.

- Demanda anual de electricidad: 2.145.204 kWh
- Precio de la electricidad (excluida la CCL³⁷): 11,46 peniques/kWh
- Consumo anual de gas: 575.293 kWh
- Precio del gas (excluido la CCL): 3,10 peniques/kWh

Reto:

Establecer un sistema de agua caliente para uso doméstico que reduzca el consumo de energía y las emisiones de CO₂ y, así, apoyar la estrategia de sostenibilidad de la universidad. El sistema debía, además, ser altamente flexible para responder a una demanda de agua caliente muy variable.

Solución:

- | | |
|--|--|
| - Inicio del proyecto: | 2011 |
| - Sector: | público (universidad) |
| - Tecnología: | 3 unidades de cogeneración |
| - Combustible: | gas natural |
| - Potencia instalada: | 5 kW _e y 30 kW _{th} |
| - Clasificación: | micro cogeneración |
| - Prod. de electricidad: | no disp./no corresp. |
| - Prod. de calor: | no disp./no corresp. |
| - Uso final del calor/frío: | agua caliente |
| - Equipo complementario: | 3 módulos de 1.000 litros de almacenamiento de calor |
| - Ahorro de costos: | aprox. 29.000 GBP/año |
| - Ahorro de CO ₂ ¹ : | aprox. 105 toneladas/año |



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: http://www.chpa.co.uk/mansfield-halls_952.html

³⁷ La tasa de cambio climático Climate Change Levy (CCL) alienta a las empresas a reducir su consumo de energía o a utilizar energía procedente de fuentes renovables. Es un impuesto sobre la electricidad, el gas y los combustibles sólidos (como el carbón, el lignito, el coque y el coque de petróleo).

Proyecto: Cuerpo de bomberos de Londres

El cuerpo de bomberos de Londres (London Fire Brigade, LFB) está renovando sus estaciones con una combinación de tecnologías de bajas emisiones de carbono. 18 estaciones de bomberos han instalado ya sistemas de minicogeneración, consistentes en una unidad de cogeneración, un condensador y tanque de almacenamiento de calor. Las unidades generan electricidad y producen calor como producto secundario. Este calor se capta y utiliza para calentar agua y para calefacción.

Reto:

Cubrir una demanda alta de agua caliente y calefacción (24 horas al día, 7 días a la semana) en edificios como las estaciones de bomberos.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2007
- Sector: público (cuerpo bomberos)
- Tecnología: 18 unidades de CHP
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 5,5 kW_e por unidad
- Clasificación: microcogeneración
- Prod. de electricidad: 440 MWh_e
- Prod. de calor: 1.200 MWh_{th}
- Uso final del calor/frío: calefacción y agua caliente
- Equipo complementario: no disp./no corresp.
- Ahorro de costos: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂¹: 100 toneladas/año



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: www.baxi-senertec.co.uk

Proyecto: Hotel Crowne Plaza Liverpool

El hotel Crowne Plaza Liverpool es un antiguo edificio de terminal de estilo art déco del aeropuerto John Lennon. En el año 2000 el hotel instaló una unidad de cogeneración, que fue reemplazada en 2010. La unidad se encuentra en un cuarto de la azotea. La tecnología aplicada de cogeneración permite al hotel generar su propia electricidad, y con ello reducir radicalmente las emisiones de carbono.

Reto:

El sistema debía suministrar electricidad para ventilación, iluminación y otros servicios, considerando los requisitos del edificio histórico. El edificio original no podía alterarse.

Beneficios de la cogeneración en el sector hotelero:

- Ahorro económico en comparación con el suministro convencional de energía
- Se evita la tasa de cambio climático CCL
- El ahorro de energía primaria supone facturas de energía más bajas
- Una mayor eficiencia comporta una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, compensándose así los efectos del compromiso de reducción de carbono Carbon Reduction Commitment
- Mayor seguridad de suministro y agua caliente en abundancia
- Posibilidades flexibles de adquisición
- Ahorro de IVA y posible financiación a través de subvenciones

Solución:

- | | |
|--|-----------------------------|
| - Inicio del proyecto: | 2010 |
| - Sector: | hotel |
| - Tecnología: | 1 unidad de cogeneración |
| - Combustible: | gas natural |
| - Potencia inst.: | 110 kW _e |
| - Clasificación: | pequeña cogeneración |
| - Prod. de electricidad: | no disp./no corresp. |
| - Prod. de calor: | no disp./no corresp. |
| - Uso final del calor: | calefacción y agua caliente |
| - Equipo complementario: | no corresponde |
| - Ahorro de costos: | aprox. 10.000 GBP/año |
| - Ahorro de CO ₂ ¹ : | aprox. 175 toneladas/año |



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: www.energ.co.uk

Proyecto:

La unidad de cogeneración instalada en un complejo de viviendas tuteladas cercano a Newcastle contribuye a reducir los costos anuales de combustible. La electricidad producida por cogeneración se utiliza como complemento al abastecimiento energético del arrendador para los pasillos, las áreas comunes y la sala de actividades sociales, así como para la iluminación de seguridad, los ascensores y el precalentamiento del agua para las lavadoras. La unidad de cogeneración, que sirve a apartamentos en su mayoría individuales y a los alojamientos de los tutores, tiene una demanda constante. La demanda continua que tiene habitualmente cada apartamento por término medio es de 200 a 500 W de calor, por lo que incluso en verano se precisa energía térmica de la cogeneración. Esto significa que puede seguir suministrando electricidad durante todo el año. La unidad actúa como caldera principal y desplaza parte de la carga de calor de la nueva caldera de gas de condensación. Cada apartamento está provisto de un depósito Elson de calentamiento indirecto.

Reto:

El sistema de cogeneración debe ajustarse a la demanda base relativamente baja de electricidad y calor.

Solución:

- Inicio del proyecto: no disp./no corresp.
- Sector: residencial
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 5,5 kW_e, 15,5 kW_{th}
- Clasificación: micro cogeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: no disp./no corresp.
- Uso final del calor: no disp./no corresp.
- Equipo complementario: calderas de gas de condensación

- Ahorro de costos: aprox. 30 % de los costos de combustible
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: www.baxi-senertec.co.uk

Proyecto: Museo de Liverpool

En julio de 2011 se instalaron en el Museo de Liverpool cuatro unidades de cogeneración. El sistema de cogeneración y trigeneración incluye las cuatro unidades de cogeneración, dos calderas de gas, un refrigerador de absorción y un refrigerador convencional de compresión. El sistema genera electricidad, y el calor producido se utiliza para calefacción y agua caliente en invierno y para aire acondicionado y enfriamiento de agua en verano.

Reto:

- Conservar el exterior del edificio Great Western Railway (GWR) de acuerdo con las condiciones de planificación, dado que forma parte de una vista protegida
- Diseñar el centro de energía de forma que funcione independientemente del abastecimiento eléctrico de las instalaciones

Solución:

- Inicio del proyecto: 2011
- Sector: público (museo)
- Tecnología: 4 unidades de cogeneración / 1 refrigerador de absorción
- Combustible: biodiésel / gas natural
- Potencia instalada: dos 385 kW_e (biodiésel) y dos 768 kW_e (gas natural)
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor/frío: no disp./no corresp.
- Uso final del calor/frío: calefacción y agua caliente en invierno; aire acondicionado y agua fría en verano
- Equipo complementario: calentadores, refrigerador de compresión
- Ahorro de costos:
- Ahorro de CO₂¹: 500.000 GBP/año
884 toneladas/año



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: www.energ.co.uk

Proyecto: Sunderland Aquatics Centre (Sunderland)

Desde mayo de 2008, el centro acuático Sunderland Aquatics Centre, en Sunderland, utiliza una unidad de cogeneración para generar energía, entre otros para su piscina de 50 metros y 10 calles. El sistema de cogeneración produce electricidad y recupera la mayor parte del calor creado en este proceso. El calor puede utilizarse para calentar el agua de la piscina así como los locales del centro, aumentando el confort para el personal y los visitantes.

Reto:

Hubo que superar dificultades logísticas para acceder a la zona de instalación situada en el primer piso. El sistema funciona 17 horas al día.

Solución

- Inicio del proyecto: 2008
- Sector: público (piscina)
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 185 kW_e
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: no disp./no corresp.
- Uso final del calor: calefacción de locales y agua caliente
- Equipo complementario: no disp./no corresp.
- Ahorro de costos: 31.548 GBP/año
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: www.energ.co.uk

5.2 Alemania

5.2.1 Condiciones en Alemania

Clima

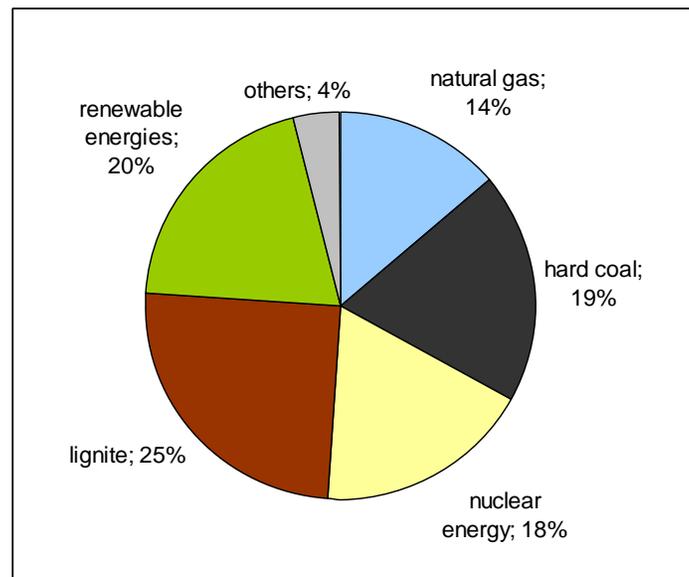
Alemania tiene dos zonas climáticas [Wik 2012c³⁸]: la parte occidental es de clima marítimo templado; en la parte oriental (continental) el clima es continental con veranos cálidos. La temperatura media anual en Alemania (media de las temperaturas registradas entre 1961 y 1990) es de unos 8,2 °C. Las temperaturas medias mensuales varían entre -0,5 °C en enero y 16,9 °C en julio.

Las bajas temperaturas invernales dan lugar a una demanda alta de calefacción durante varios meses. En función del lugar y las temperaturas específicas de cada año, este período de calefacción puede prolongarse hasta siete meses (octubre hasta finales de abril).

Uso y abastecimiento de energía

En 2011 se generó en Alemania un total de 612 TWh_e de electricidad, con una potencia instalada de aproximadamente 174 GW_e. Entre las fuentes de energía para la producción de electricidad, las que contribuyen en mayor proporción son los combustibles fósiles como el carbón y el gas natural, así como la energía nuclear. A principios de 2012, tras un período de dinámico crecimiento, las energías renovables contribuían con un 20 % a la generación de electricidad. [Ger 2012³⁹]

Figura II - 8: Electricidad suministrada por tipo de combustible en Alemania en 2011



Fuente: [Ger 2012³⁹]

³⁸ Wikipedia, Alemania - Clima, <https://es.wikipedia.org/wiki/Alemania#Clima>, acceso comprobado el 4 de diciembre de 2012

³⁹ German Renewable Energies Agency Information Platform, <http://www.unendlich-viel-energie.de/en/homepage.html>, acceso comprobado el 4 de diciembre de 2012

Precio de la energía

En la **Tabla II – 7** se muestran los precios de la electricidad en Alemania. El precio medio de la electricidad para clientes domésticos era de 35 céntimos de dólar por kWh_e en 2011, uno de los precios más altos de la electricidad de toda Europa. Para los clientes industriales, el precio fue muy inferior, unos 15,7 céntimos de dólar por kWh_e como media. La diferencia del precio para los clientes domésticos e industriales se debe a diferentes niveles tributarios, diferentes niveles de contribución a las subvenciones para energías renovables, etc.

La diferencia de los precios de la electricidad puede observarse en la **Figura II – 9**, en la que además se muestra el aumento de los precios, especialmente a partir del año 2000. Una razón de este aumento es la financiación de tarifas reguladas para energías renovables mediante la contribución por cada kWh utilizado por el cliente final. En 2013 esta contribución será de 53 €/MWh_e.

Existe además una contribución para financiar las subvenciones para la cogeneración. Debido a un pago excesivo en 2011, esa contribución se redujo a 0,02 €/MWh_e en 2012. Se prevé que para 2013 se eleve a 1,26 €/MWh_e. [Ene 2012⁴⁰]

Figura II - 9: Evolución de los precios de la electricidad para clientes domésticos (línea azul) e industriales (línea roja) en Alemania



Fuente: [NRW 2011⁴¹]

El precio elevado de la electricidad en Alemania da lugar a una cierta motivación para llevar a cabo medidas que fomenten la eficiencia energética, como la cogeneración o la trigeneración.

Dado que en Alemania el gas natural es el combustible más usado para la cogeneración y la trigeneración, su precio influye en gran medida en la viabilidad de los proyectos en este ámbito.

⁴⁰ wie-energiesparen.info, http://www.wie-energiesparen.info/news/strompreis-2013-drei-umlagen-stehen-fest/#Die_KWK-Umlage_2013, acceso comprobado el 5 de diciembre de 2012

⁴¹ NRW Energieagentur, development of electricity prices in Germany, 2011

Al igual que los precios de la electricidad, los precios del gas natural varían notablemente entre usuarios domésticos e industriales. En promedio, en 2011 los clientes domésticos pagaron 9,25 céntimos de dólar por kWh, mientras que los clientes industriales sólo 5,42 céntimos por kWh. En comparación con los precios del gas natural en otros países, los precios en Alemania son más altos, lo que relativiza parcialmente el elevado precio de la electricidad y la influencia del precio del gas natural sobre la rentabilidad de la cogeneración y la trigeneración.

Políticas en materia de energía

El gobierno alemán tiene previsto introducir cambios sustanciales en la estructura futura del abastecimiento energético. En este contexto, los objetivos oficiales más importantes son:

- Reducción del consumo de energía primaria en un 20 % hasta 2020 y en un 50 % hasta 2050 (año de referencia: 2008)
- Contribución de las energías renovables al consumo final de energía del 18 % hasta 2020 y 60 % hasta 2050
- 25 % de la electricidad abastecida procedente de unidades de cogeneración hasta 2020 (hoy: 15,4%)
- 8,5 GW de potencia de energía nuclear retirados en 2011; los 11,5 GW restantes se retirarán hasta 2022 (contribución original: más del 20 % de la potencia de generación)

Estos cambios en el abastecimiento energético en Alemania plantean numerosos retos, p. ej.:

- Fluctuaciones potenciales en la contribución a la producción de electricidad como consecuencia de la mayor contribución de las energías renovables (especialmente energías eólica y solar)
- Instalación de una infraestructura energética mejorada para integrar la producción inestable y descentralizada de electricidad
- Riesgo de déficit de abastecimiento de electricidad a corto y medio plazos como consecuencia de la reducción de la capacidad estable de carga de base (anteriormente energía nuclear)

Disponibilidad de gas

Según puede observarse en la **Figura II – 10**, Alemania cuenta con un sistema de distribución de gas muy desarrollado que proporciona acceso a gas natural a prácticamente todas las regiones del país. Nota: Las tuberías trazadas en la **Figura II -10** son sólo los gasoductos principales. Existen muchas más tuberías que distribuyen el gas natural en Alemania a baja presión.

Figura II -10: Gasoductos principales en Alemania



Fuente: [Buc 2012⁴²]

5.2.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en Alemania

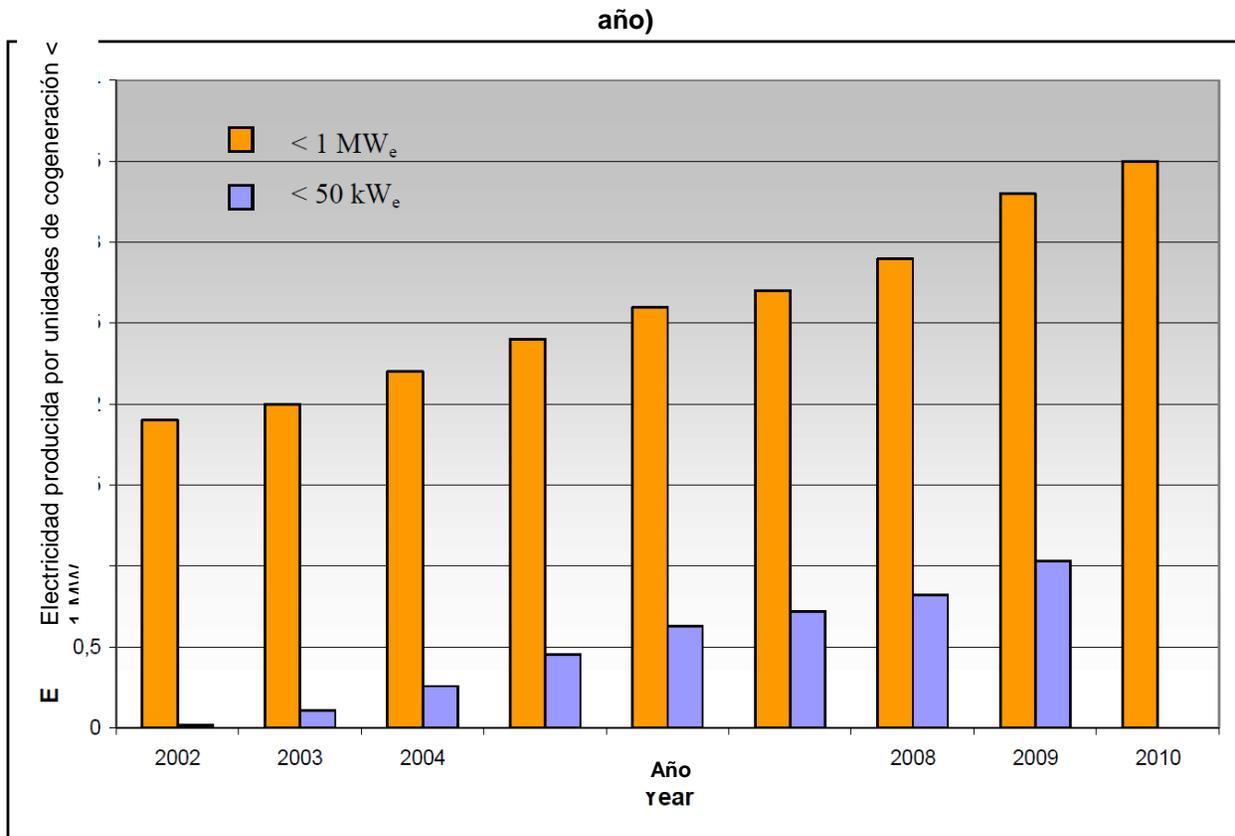
A finales de 2010, la cogeneración (a pequeña y gran escala) contribuía en alrededor de un 15,4 % (89,9 TWh_e) al total de electricidad generado en Alemania. En comparación con 2002, año en el que se produjeron 76 TWh_e mediante cogeneración, esto supone un aumento moderado. En 2010, gran parte de la electricidad cogenerada (53 TWh_e) fue inyectada a la red eléctrica pública. 27 TWh_e se aprovecharon para el autoabastecimiento en el sector industrial. [Pro 2011⁴³]

Como se aprecia en la **Figura II – 11**, en los últimos ocho años la micro y pequeña cogeneración ha experimentado en Alemania un crecimiento incluso más dinámico que la cogeneración a gran escala. En 2010 se produjeron 3,5 TWh_e en unidades de cogeneración con combustibles fósiles y una potencia instalada inferior a 1 MW_e.

Figura II - 11: Producción de electricidad por unidades de micro y pequeña cogeneración con combustibles fósiles (< 50 kW_e y < 1 MW_e) en Alemania (TWh_e /

⁴² Bucholz, D.: *Verfügbarkeit Infrastruktur: Speichermöglichkeit als Schlüssel*, 2012

⁴³ Prognos y BEA: *Endbericht - Zwischenüberprüfung zum Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung*, no publicado, 2011

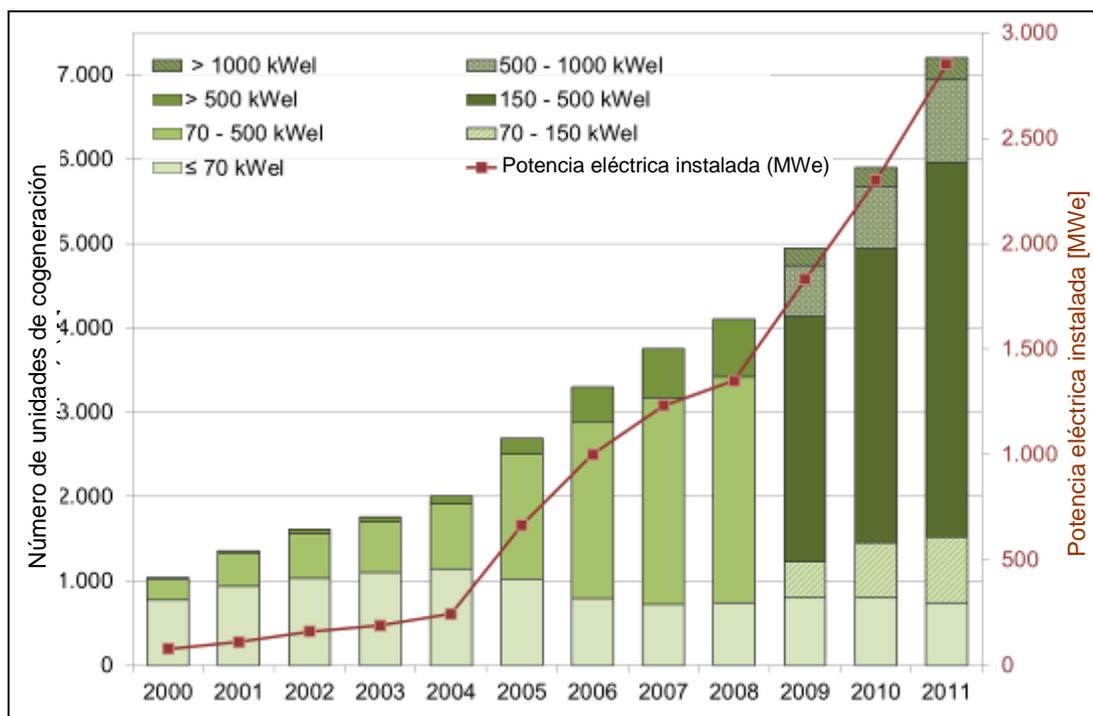


Fuente: [Pro 2011] [Error! Marcador no definido.]

El crecimiento incluso fue más dinámico si se considera la electricidad generada por unidades de cogeneración con biomasa como combustible. Más del 90 % de la electricidad total generada a partir de biomasa procede de unidades de cogeneración que utilizan biogás. Se calcula que el total de electricidad generada en 2010 en unidades de cogeneración por biogás alcanzó 15,6 TWh_e, con un calor producido en esas unidades entre 5,8 y 7,6 TWh_{th} [DBFZ 2012⁴⁴]. La **Figura II - 12** muestra la evolución de las unidades de cogeneración por biogás en Alemania, según rangos de potencia. La gran mayoría de las unidades corresponde al rango de 150-500 kW_e, y la potencia instalada media fue de alrededor de 400 kW_e a finales de 2011.

⁴⁴ DBFZ: *Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse*, 2012

Figura II - 12: Evolución de las unidades de cogeneración por biogás en Alemania (nº de unidades y potencia instalada)



Fuente: [DBF 2012⁴⁵]

5.2.3 Medidas de apoyo en Alemania

Las autoridades alemanas aplican una multitud de medidas en apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración. En la siguiente tabla se ofrece un resumen de las mismas.

Tabla II - 2: Medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en Alemania

Tipo de medida	Descripción
Marco normativo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Criterios de eficiencia de acuerdo con la Directiva 2004/8/CE de la Unión Europea ▪ Prioridad para la conexión a la red así como la adquisición y transmisión de la electricidad procedente de unidades de cogeneración (ley sobre cogeneración)
Precio y prima garantizados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ley sobre cogeneración (<i>Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz = KWKG</i>) <ul style="list-style-type: none"> - Los operadores de la red pagan una prima a los productores, por kWh_e, por el total de electricidad generada; prima decreciente con aumento de la potencia instalada (rangos: < 50 kW_e, < 250 kW_e, < 2 MW_e y > 2 MW_e). La prima se paga como complemento al precio real de mercado. - Prima pagada por el total de electricidad producido por cogeneración (no sólo por la electricidad vertida a la red pública) - Prima pagada por 30.000 horas a plena carga, para unidades de cogeneración < 50 kW_e el pago puede realizarse durante 10 años (opcional) - Financiación de la prima de cogeneración mediante el reparto de costos a todos los clientes de electricidad (<i>KWK-Umlage</i>)

⁴⁵ DBFZ: *Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse*, 2012

	<ul style="list-style-type: none"> - Partida en el presupuesto general: 750 millones € / año - Pago adicional de un suplemento por uso de la red evitado (según nivel de voltaje) - Ahorro mínimo de energía primaria exigido: 10 % <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ley de energías renovables (<i>Erneuerbare-Energien-Gesetz = EEG</i>) <ul style="list-style-type: none"> - Tarifa regulada por electricidad inyectada a la red eléctrica procedente de unidades de cogeneración operadas con energías renovables (p. ej., biomasa sólida, biogás), frente a la prima descrita más arriba - La tarifa regulada depende del combustible y la potencia instalada (varía entre 75 kW_e y 20 MW_e) - La tarifa regulada se paga durante 20 años - Financiación de la tarifa regulada mediante el reparto de costos entre todos los clientes de electricidad (<i>EEG-Umlage</i>) - Para obtener la tarifa regulada se debe utilizar una cantidad mínima especificada del calor residual (60 % en el caso de biomasa sólida y biogás; 100 % en el caso de biogás inyectado a la red pública de gas)
Apoyo a la inversión: Incentivos fiscales y subvenciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incentivo para la minicogeneración <ul style="list-style-type: none"> - 1.500 € por unidad de cogeneración con < 1 kW_e; 3.450 € por unidad de cogeneración con < 20 kW_e - Se exige un ahorro mínimo de energía primaria de 15 a 20 %, e instalación para almacenamiento de calor - Puede combinarse con ley sobre cogeneración (véase más arriba)
Obligaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aptitud de las unidades de cogeneración para la ley de calor y energías renovables (<i>Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz = EEWärmeG</i>). <ul style="list-style-type: none"> - La ley incluye un requisito obligatorio relativo al abastecimiento de calor en nuevos edificios con energías renovables o eficientes. La cogeneración cumple los requisitos en los siguientes dos casos (las demás opciones no incluyen cogeneración): - como mínimo el 50 % del calor total está generado por cogeneración que utiliza combustibles fósiles - como mínimo el 30 % del calor total está generado por cogeneración que utiliza biogás
Privilegios fiscales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exención del impuesto energético para el gas natural utilizado para cogeneración ▪ Exención del impuesto energético para la cantidad de electricidad utilizada para autoabastecimiento ▪ La electricidad utilizada para autoabastecimiento está exenta de contribuciones para las subvenciones a las energías renovables y la cogeneración (<i>EEG-Umlage</i> y <i>KWK-Umlage</i>, véase arriba)

Fuente: [ASU 2012⁴⁶]

5.2.4 Estudios de caso en Alemania

A continuación se muestra una selección de estudios de caso de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en Alemania. Según se puede ver en los mismos, en Alemania la micro y pequeña cogeneración y trigeneración se utilizan para una amplia gama de aplicaciones y proyectos de diversa envergadura. En los ejemplos expuestos, la tecnología se aplica para suministrar electricidad y calor y/o frío en centros comerciales, una estación de bomberos, una escuela y un edificio residencial. En Alemania, como en el Reino Unido, debido a las temperaturas relativamente frías (véase apartado 7.1.1) existen pocos proyectos de trigeneración. En los ejemplos presentados a continuación se incluye un proyecto de

⁴⁶ ASUE: *Das KWK-Gesetz 2012*, 2012

trigeneración en el que se aprovecha el calor para calentar un complejo comercial durante el invierno y el frío para refrigerar un supermercado dentro del complejo comercial durante el verano. Las potencias instaladas en los ejemplos mostrados abarcan desde 48 kW_e hasta 240 kW_e.

Proyecto: Complejo comercial “City Carré / Commerzbank” (Berlín)

City Carré, junto a la estación de ferrocarriles Ostbahnhof, es un moderno complejo de edificios de servicios de siete pisos con oficinas, un centro comercial y un hotel, con una superficie útil de 36.000 metros cuadrados. Con su oficina regional Regionalvertretung Ost, el banco Commerzbank es uno de los principales arrendatarios. La Berliner Energieagentur (BEA) opera en el complejo una planta de cogeneración por gas natural, que complementa la planta de generación de calor. La Berliner Energieagentur ha asumido el riesgo económico de la planificación, instalación y financiación de la unidad de cogeneración. El contrato tiene una duración de diez años. La BEA es responsable de la operación eficiente y sin contratiempos, así como de todas las labores de reparación y mantenimiento. El calor generado se cede al sistema de suministro de calor.

Motivación:

- Reducir la demanda sobre las calderas existentes durante los meses estivales
- Reducir el desgaste del sistema de calderas
- Mejorar la eficiencia del sistema de calefacción
- Mejorar la seguridad de abastecimiento

Solución:

- Inicio del proyecto: 2006
- Sector: comercial
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración (motor de combustión)
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 50 kW_e y 97 kW_{th}
- Clasificación: mini cogeneración
- Prod. de electricidad: 380 MWh_e/año
- Prod. de calor: 780 MWh_{th}/año
- Uso final del calor/frío: calefacción y agua caliente
- Equipo complementario: planta de generación de calor y sistema de suministro de calor
- Ahorro de energía¹: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂¹: no disp./no corresp.



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: Berliner Energieagentur GmbH

Proyecto: Escuela superior técnica en Berlín

Como empresa de servicios de energía, la Berliner Energieagentur GmbH ha instalado y opera una moderna unidad de cogeneración con condensación como complemento a una central de energía ya existente en la escuela Oberstufenzentrum für Bürowirtschaft und Verwaltung. El inmueble es propiedad de BIM Berliner Immobilienmanagement GmbH y está gestionado por esta empresa.

El calor generado por la unidad de cogeneración se aprovecha para cubrir la carga base anual de la propiedad, con apoyo de la central de energía. La electricidad generada se utiliza como corriente de operación y se exporta directamente a la propiedad. El exceso de electricidad se vierte a la red pública.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2009
- Sector: público (escuela)
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración (motor de combustión)
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 48 kW_e y 97 kW_{th}
- Clasificación: mini cogeneración
- Prod. de electricidad: 320 MWh_e/año
- Prod. de calor: 635 MWh_{th}/año
- Equipo complementario: sistema de calor
- Ahorro de energía¹: aprox. 507 MWh/año
- Ahorro de CO₂¹: aprox. 140,5 toneladas/año



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: Berliner Energieagentur GmbH

Proyecto: Bloque residencial “Bremer Höhe”

“Bremer Höhe” es una cooperativa de viviendas fundada por arrendatarios que adquirió y saneó un bloque de viviendas en un proyecto modelo con gestión directa. Las medidas de la Berliner Energieagentur GmbH conciernen a 455 unidades residenciales y 12 unidades comerciales en una superficie total de 32.000 metros cuadrados. Los sistemas de calefacción central con planta de calderas, montados sobre el tejado, y las unidades de cogeneración directamente sobre los apartamentos (dormitorios) proporcionan calor y electricidad a los edificios y cumplen los requisitos más exigentes de aislamiento acústico.

Solución:

- | | |
|--|---|
| - Inicio del proyecto: | 2001, 2002 y 2003 |
| - Sector: | residencial |
| - Tecnología: | 3 unidades de cogeneración (motores de combustión) |
| - Combustible: | gas natural |
| - Potencia instalada: | 34 kW _e y dos 16 kW _e |
| - Clasificación: | pequeña cogeneración |
| - Prod. de electricidad: | 435 MWh _e /año |
| - Prod. de calor: | 1.090 MWh _{th} /año |
| - Uso final del calor/frío: | calefacción y agua caliente |
| - Equipo complementario: | Calderas de condensación: 531 kW _{th} y 1.900 kW _{th} |
| - Ahorro de energía ¹ : | no disp./no corresp. |
| - Ahorro de CO ₂ ¹ : | aprox. 450 toneladas/año |



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: Berliner Energieagentur GmbH

Proyecto: Estación de bomberos “Charlottenburg-Nord”

En uno de los lugares más importantes para los bomberos de Berlín –la estación del cuerpo de bomberos profesionales de Charlottenburg-Nord–, la Berliner Energieagentur GmbH opera su primera unidad combinada de producción de calor y electricidad mediante biogás con calidad de gas natural. En esta estación, el calor se suministra de forma central desde un sistema de calefacción situado en el sótano del edificio de administración. Además de la cogeneración, la BEA ha instalado una nueva caldera de condensación alimentada por gas natural con una producción térmica de 854 kW para complementar la caldera existente de baja temperatura en los períodos en los que se requiere mucho calor y agua caliente (carga punta). Entre otros, la BEA ha renovado el mantenimiento de la presión, la preparación de agua caliente y la distribución de calor en el edificio. Toda la electricidad generada se inyecta a la red pública, y se paga por ella según lo especificado en la ley de energías renovables (EEG de sus siglas en alemán). El biogás con calidad de gas natural es suministrado por GASAG. El gas procede de varias plantas de biogás situadas en Brandeburgo, Sajonia-Anhalt y Mecklemburgo-Pomerania Occidental.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2010
- Sector: público (estación de bomberos)
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración (motor de combustión)
- Combustible: biogás
- Potencia instalada: 240 kW_e y 367 kW_{th}
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: 1.440 kWh_e/año
- Prod. de calor: 2.190 kWh_{th}/año
- Uso final del calor/frío: calefacción y agua caliente
- Equipo complementario: caldera de condensación por gas natural con producción térmica de 854 kW_{th}
- Ahorro de energía¹: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂¹: aprox. 1.350 toneladas/año



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: Berliner Energieagentur GmbH

Proyecto: Complejo industrial y de servicios “Königstadt-Terrassen”

Hoy, el complejo industrial y de servicios “Königstadt-Terrassen”, en el terreno de una antigua fábrica de cerveza tradicional del mismo nombre, aloja numerosas empresas industriales, oficinas, tiendas y apartamentos en una superficie de más de 40.000 metros cuadrados. Aquí, en el distrito central de Berlín Pankow, la empresa de servicios de energía Berliner Energieagentur opera una moderna central de producción combinada de calor y electricidad y de generación combinada de calor, refrigeración y electricidad. La planta, con gas natural como combustible, se compone de dos unidades de cogeneración, dos calderas de carga punta y un refrigerador de absorción.

Motivación:

- En verano, el supermercado del edificio necesita frío para el sistema de aire acondicionado
- Demanda de calefacción sobre todo en invierno; no se utiliza agua caliente en el edificio
- Sistema de electricidad de emergencia (220 kVA) necesario para la tecnología del edificio (ascensores, etc.)

Solución:

- | | |
|--|---|
| - Inicio del proyecto: | 1997 |
| - Sector: | comercial |
| - Tecnología: | dos unidades de cogeneración y un refrig. de absorción |
| - Combustible: | gas natural |
| - Potencia instalada: | unidades cogeneración: 120 kW _e y 214 kW _{th} cada una |
| - Clasificación: | refrig. absorción: 135 kW |
| - Prod. de electricidad: | pequeña trigeneración |
| - Prod. de calor/frío: | 560 a 980 MWh _e /año |
| - Uso final del calor/frío: | 1.100 a 1.950 MWh _{th} /año
calor para calefacción en invierno y frío para refrigeración del supermercado en verano |
| - Equipo complementario: | 2 calderas de baja temp. de 1.400 kW _{th} cada una |
| - Ahorro de energía ¹ : | aprox. 2.500 MWh/año |
| - Ahorro de CO ₂ ¹ : | aprox. 700 toneladas/año |



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: Berliner Energieagentur GmbH

5.3 España

5.3.1 Condiciones en España

Clima

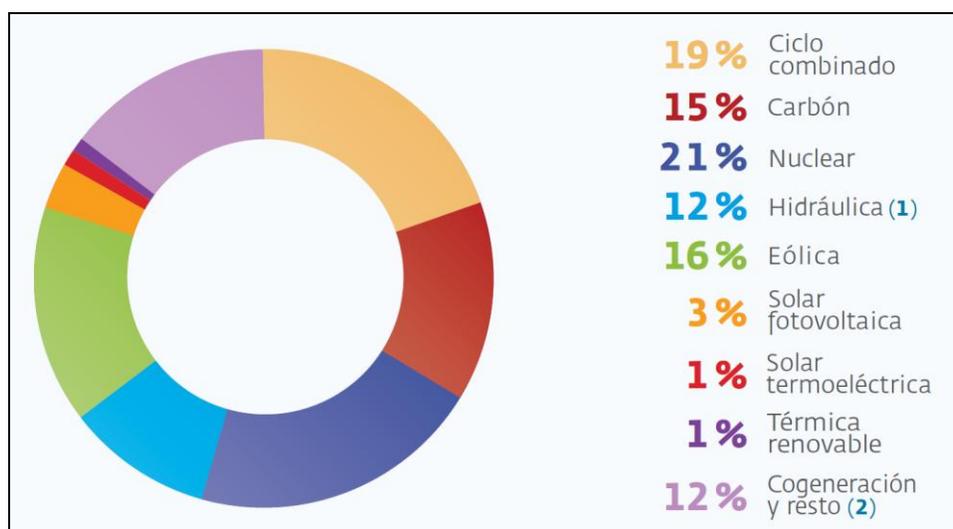
España abarca tres zonas climáticas: las costas meridional y oriental tienen clima mediterráneo; en la zona central el clima es semiárido; y el norte del país se caracteriza por un clima oceánico. Las temperaturas mínimas medias mensuales varían entre los 2° C de Soria (clima oceánico) y los 12,5 °C de Almería (clima mediterráneo). Las temperaturas máximas medias mensuales alcanzan desde 18,7° C en Oviedo (clima oceánico) hasta 27,7 °C en Córdoba (clima mediterráneo). [Spa 2012⁴⁷], [Wik 2012d⁴⁸]

Debido a las grandes diferencias en las temperaturas de las diversas regiones climáticas en España, la demanda de calefacción también varía notablemente. En las regiones mediterráneas y semiáridas existe además una demanda alta de refrigeración como consecuencia de las altas temperaturas estivales.

Uso y abastecimiento de energía

Con una potencia instalada de alrededor de 100 GW_e, en 2011 se generaron en España aproximadamente 255 TWh de electricidad. Del total generado, el mayor porcentaje procedió de las centrales nucleares, seguidas de las centrales de ciclo combinado (véase **Figura II - 13**).

Figura II - 13: Electricidad suministrada por tipo de combustible o fuente de energía en España en 2011



Fuente: [REE 2011⁴⁹]

⁴⁷ Spanish-Web: <http://www.spanish-web.com/climate/>, acceso comprobado el 5 de diciembre de 2012

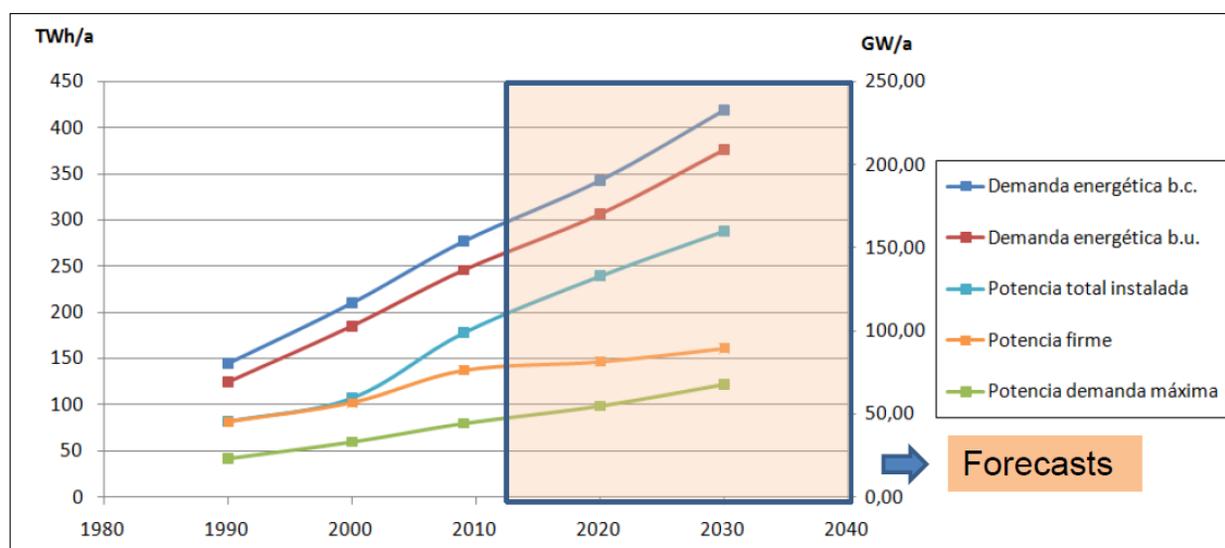
⁴⁸ Wikipedia, Clima de España: http://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Espa%C3%B1a, acceso comprobado el 5 de diciembre de 2012

⁴⁹ Red Eléctrica de España (REE): *El sistema eléctrico español – Síntesis, 2011*.

Según se ilustra en la **Figura II - 14**, la demanda de electricidad en España (demanda energética b.c. = demanda eléctrica bruta, demanda energética b.u. = demanda eléctrica neta) ha aumentado en los últimos 30 años, y se prevé que lo siga haciendo con una tendencia parecida al menos hasta 2030. Se supone que en los próximos años la potencia total instalada aumentará del mismo modo, mientras que la potencia firme sólo lo hará moderadamente. Esto da lugar a una reducción del costo de potencia firme como resultado de la creciente contribución de las fuentes de energía renovable, con una generación fluctuante de electricidad. No obstante, se espera que hasta 2030 habrá disponible suficiente potencia firme en el país para cubrir la demanda máxima de potencia.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la demanda de calefacción en España varía según la región. El 47 % de la demanda media de energía de los hogares españoles corresponde a calefacción, y el 26 % a agua caliente. Alrededor del 60 % de los hogares españoles posee algún tipo de instalación de calefacción. Con una contribución del 44 %, el gas natural es la principal fuente de energía para calefacción en España, seguido de los combustibles líquidos (excepto gases licuados del petróleo, aprox. 27 %) y la electricidad (aprox. 21 %). [Lab 2011⁵⁰]

Figura II - 14: Evolución de la demanda de energía eléctrica y la potencia instalada en España



Fuente: [COG 2012b⁵¹]

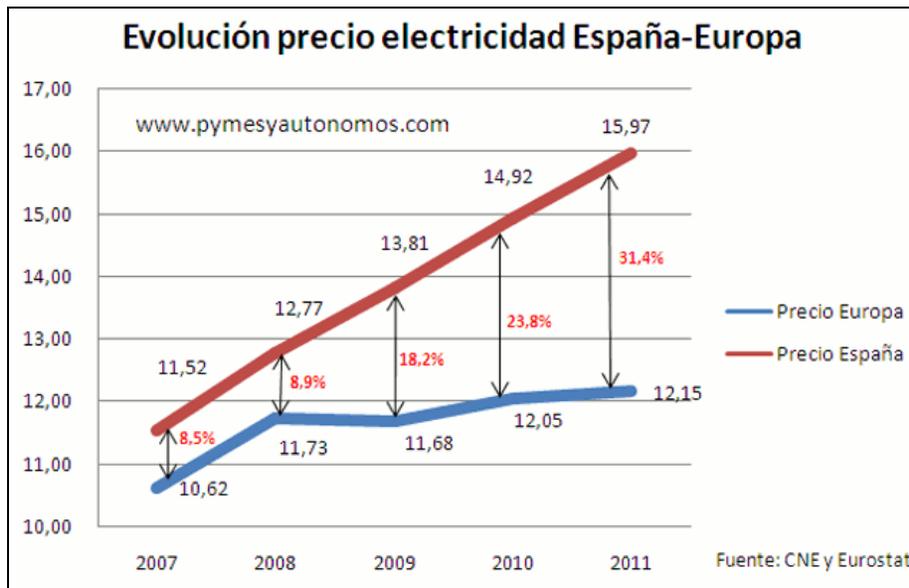
Precio de la energía

La **Figura II - 15** muestra la evolución del precio de la electricidad en España. El aumento estático de los precios en España durante los últimos años ha dado lugar a una diferencia creciente entre el precio de la electricidad en España y el precio medio de la electricidad en Europa. Como en otros países (Alemania), este hecho conduce a un interés creciente de los clientes en las tecnologías de eficiencia energética, como la cogeneración y la trigeneración.

⁵⁰ Labandeira et al.: *Energy Demand for Heating in Spain: An Empirical Analysis with Policy Purposes*, 2011

⁵¹ COGEN España: *Overview of CHP policy and market development in Spain*, 2012

Figura II - 15: Evolución del precio de la electricidad en España [cent€/kWh]



Fuente: [Pym 2012⁵²]

Otra vez, para formular una conclusión sobre la viabilidad potencial de la cogeneración o trigeneración, sin ninguna medida de apoyo, es preciso tener en cuenta también el precio de los combustibles, en especial del gas natural. En España, el precio medio del gas natural es muy distinto para clientes domésticos y clientes industriales. El precio relativamente bajo para los clientes industriales tiene su explicación, entre otros, en la exención tributaria de que disfrutaban estos clientes para este combustible. Aunque no es posible hacer una afirmación general, sí puede decirse que el hecho anterior redundaba en una cierta ventaja económica para los proyectos de cogeneración y trigeneración para aplicaciones industriales.

Disponibilidad de gas natural

La **Figura II - 16** muestra el sistema de distribución de gas en España, que garantiza la disponibilidad de este combustible en la mayoría de las regiones del país, especialmente en las zonas urbanas. Nota: Las tuberías trazadas en la figura son sólo los gasoductos principales. Existen muchas más tuberías que distribuyen el gas natural en España a baja presión. El 95 % de la población de las ciudades con más de 100.000 habitantes posee acceso al sistema público de distribución de gas y el 72 % de la población española tiene acceso directo a este sistema. [Lab 2011⁵³]

⁵² Pymesya autonomos: <http://www.pymesya autonomos.com/administracion-finanzas/el-precio-de-la-electricidad-un-lastre-para-la-competitividad-de-las-empresas>, acceso comprobado el 5 de diciembre de 2012

⁵³ Labandeira et al.: *Energy Demand for Heating in Spain: An Empirical Analysis with Policy Purposes*, 2011

Figura II - 16: Gasoductos principales en España



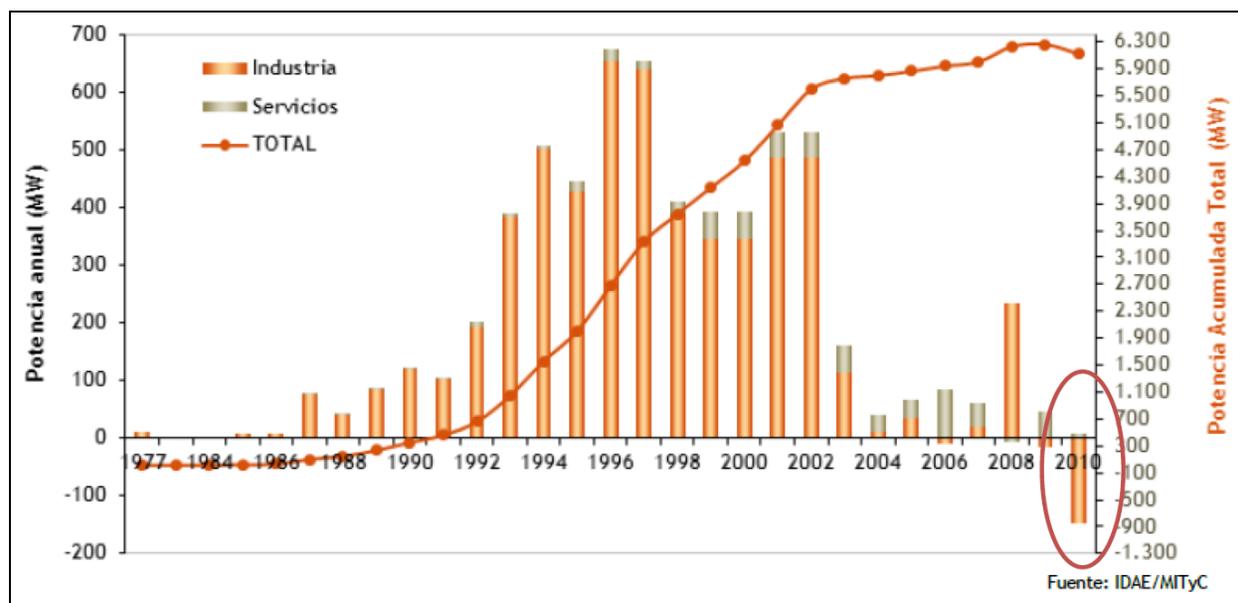
Fuente: [Sed 2012⁵⁴]

5.3.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en España

La mayoría de los proyectos de cogeneración en España se estableció en los años 1990. Tras un derrumbamiento del mercado en 2003, el Real Decreto 661/2007 mejoró las condiciones económicas para la cogeneración y la trigeneración en el país. Pero como consecuencia de los elevados costos del sistema energético resultantes de las tasas pagadas para las energías renovables y la cogeneración, así como de la necesidad de reducir el gasto público a raíz de la crisis financiera, el 27 de enero de 2012 se suspendió el apoyo (incluido a la cogeneración y las energías renovables) del decreto mencionado. Para 2013 está previsto un Real Decreto adaptado del gobierno español para fomentar la cogeneración. Desde la entrada en vigor del Real Decreto 661/2007, los proyectos de cogeneración nuevos sólo son económicamente viables si toda la electricidad generada se utiliza para el autoabastecimiento, pues los precios pagados por la electricidad inyectada a la red en la mayoría de los casos no son suficientemente elevados como para garantizar la viabilidad económica de la cogeneración y la trigeneración.

⁵⁴ Sedigas: *Red española de Gasoductos*, <http://www.sedigas.es/informeanual/2007/GasoductosGasEspana.htm>, acceso comprobado el 5 de diciembre de 2012

Figura II - 17: Evolución de la potencia de cogeneración en España



Fuente: [COG 2012b⁵⁵]

A finales de 2011 se registraron en España 831 unidades de cogeneración con una potencia total instalada de 6.095 MW_e. Ese mismo año se virtieron a la red 23.658 GWh_e procedentes de la cogeneración. Esta cifra equivale al 11,4 % de la demanda total de electricidad en España en 2011. El 2 % de dicho valor (432 GWh_e) fue generado en unidades de cogeneración con una potencia instalada inferior a 1 MW_e.

Tabla II - 3: Unidades de cogeneración y potencias instaladas en España en 2010 y 2011 (potencia instalada inferior a 5 MW_e)

Rango de potencia	Nº de unidades (2010)	Potencia instalada (2010, MW)	Nº de unidades (2011)	Potencia instalada (2011, MW)
5 kWe a 100 kWe	19	1,2	18	1,2
100 kWe a 1 MWe	193	198,1	191	200,2
1 MWe a 2 MWe	107	176,7	99	172,1
2 MWe a 5 MWe	221	991,8	216	980,2
Suma	540	1367,7	524	1353,7

Fuente: [COG 2012b^{Error! Marcador no definido.}]

En la **Tabla II - 3** puede observarse que en 2011, en comparación con 2010, no aumentaron en España sino disminuyeron ligeramente la micro y pequeña cogeneración y trigeneración.

En España, la producción de electricidad mediante cogeneración y trigeneración tiene lugar principalmente en el sector industrial. En él, la potencia instalada de cogeneración y trigeneración es similar a la de, p. ej., Alemania o el Reino Unido. Sin embargo, en los sectores de servicios y edificios, y en los sistemas de calefacción urbanos, a pesar de haberse estimado un gran potencial especialmente para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, no se

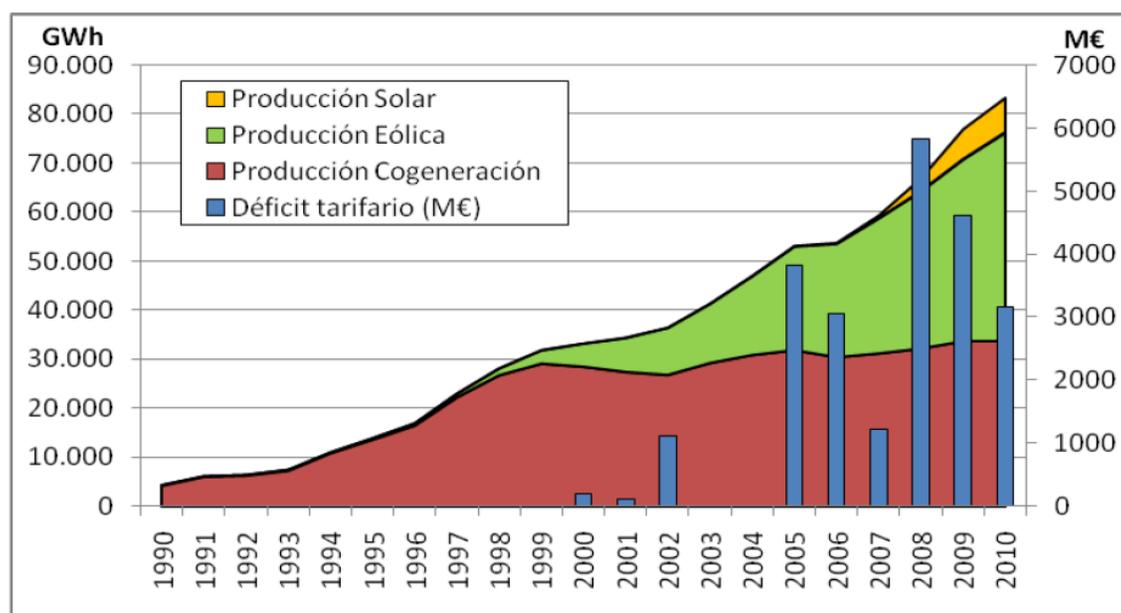
⁵⁵ COGEN España: Overview of CHP policy and market development in Spain, 2012

han producido avances particulares durante los últimos años. [COG 2012b]Error! Marcador no definido.]

5.3.3 Medidas de apoyo en España

El apoyo más importante para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en España se estableció a través del Real Decreto 661/2007, aprobado el 25 de mayo de 2007. Este decreto define precios y primas para todos los tipos de fuentes de energía renovable e instalaciones de cogeneración. Dada la creciente proporción de los costos totales del sistema energético para la retribución relativa a la energía renovable y la cogeneración (véase **Figura II – 18**), así como la política de recortes a raíz de la crisis financiera, el apoyo a las energías renovables y la cogeneración del decreto mencionado fue suspendido en enero de 2012 a través del Real Decreto-ley 1/2012.⁵⁶

Figura II - 18: Evolución de la energía procedente de fuentes de energía renovable y cogeneración y sus costos en España



Fuente: [COG 2012b]Error! Marcador no definido.]

El desarrollo de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en España fue impulsado sobre todo por el Real Decreto 661/2007, por lo que, a pesar de la actual supresión de los incentivos, este decreto también se incluye en la tabla a continuación, que expone el marco normativo para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en España.

Tabla II - 4: Medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en España

Tipo de medida	Descripción
Marco normativo	<ul style="list-style-type: none"> Normas para la conexión a la red y definición de cogeneración de alta eficiencia (Directiva Europea 2004/8/CE) Normas especiales para la conexión a la red de unidades de cogeneración con menos de 1 MW (Real Decreto 1699/2011)

⁵⁶ COGEN España: Overview of CHP policy and market development in Spain, 2012

Precio y prima garantizados	<ul style="list-style-type: none">▪ El Real Decreto 661/2007 ofrece al operador de la unidad de cogeneración instalada las siguientes opciones:<ul style="list-style-type: none">- Ceder la electricidad al sistema a través de la red de transporte o distribución y percibir una tarifa regulada.- Vender la electricidad en el mercado libre y recibir una prima que complemente el precio del mercado.- La tarifa regulada y la prima dependerán de la categoría a la que pertenezca la instalación y se diferencian según:<ul style="list-style-type: none">→ la potencia producida (varía entre 500 kW_e y 50 MW_e) y→ el combustible utilizado (gas natural, gases licuados del petróleo y gasóleo, fuel-oil, biogás, biomasa sólida y residuos biológicos industriales).- Además de las tarifas y primas, las unidades de cogeneración pueden recibir varios complementos, como por energía reactiva, por eficiencia y por la cesión al sistema en horas punta.▪ Supresión de los incentivos económicos para instalaciones de cogeneración nuevas y reconvertidas (Real Decreto-ley 1/2012)
-----------------------------	--

Fuente: [COD 2007⁵⁷] y [COG 2012b⁵⁸]

5.3.4 Estudios de caso en España

A continuación se muestra una selección de estudios de caso de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en España. La mayoría de los proyectos de cogeneración y trigeneración en este país se encuentra en el sector industrial, y la potencia instalada por unidad es relativamente alta en comparación con la potencia instalada media en Alemania y el Reino Unido (véase también apartado 7.3.2). No obstante, en otros sectores, p. ej. residencial y hotelero, existe un número importante de casos con potencia instalada media inferior a 500 kW_e. Más abajo se exponen algunos de estos casos. Debido a las condiciones climáticas, el potencial para implementar en España proyectos de trigeneración es relativamente alto. Hasta el momento, sin embargo, no se ha centrado el interés en aprovechar este potencial, pues la trigeneración requiere una tecnología compleja y costosa. Más abajo se incluye un ejemplo de producción de calor y frío para el sistema de aire acondicionado de un complejo universitario. La potencia instalada en los ejemplos mostrados abarca desde 65 kW_e hasta 1 MW_e.

⁵⁷ CODE: *New special regime for CHP in Spain, 2007*

⁵⁸ COGEN España: *Overview of CHP policy and market development in Spain, 2012*

Proyecto: “Edificio 94 Viviendas”, Colmenar Viejo - Madrid

Este proyecto de cogeneración en un edificio de 94 viviendas, en Colmenar Viejo (Madrid), se llevó a cabo en noviembre de 2010. La cogeneración se basa en una microturbina de gas natural y una caldera de gas. La electricidad generada se cede directamente a una red de 0,4 kV.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2010
- Sector: público (viviendas)
- Tecnología: 1 microturbina
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 65 kW_e y 120 kW_{th}
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: no disp./no corresp.
- Uso final del calor: agua caliente
- Equipo complementario: caldera de gas (980 kW_{th})

- Ahorro de costos: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂: emisiones equivalentes a las originadas por el consumo energético de 12 familias



Fuente: COGEN España: *quién es quién en Cogen España 2011*

Proyecto: Hotel Gran Conil en Cádiz

Se trata de un proyecto de cogeneración en el Hotel Gran Conil, en Conil de la Frontera (Cádiz). La cogeneración se basa en una planta compacta de cogeneración alimentada por propano. El calor producido se utiliza para precalentar el agua de uso doméstico y para el sistema de calefacción.

Solución:

- Inicio del proyecto: no disp./no corresp.
- Sector: hoteles
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración y 1 refrigerador de absorción
- Combustible: propano
- Potencia instalada: 80 kW_e y 136 kW_{th}
- Clasificación: pequeña trigeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: no disp./no corresp.
- Uso final del calor: generación de frío en un refrigerador de absorción y agua caliente (12.000 litros)
- Equipo complementario: refrigerador de absorción
- Ahorro de costos: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: COGEN España: *quién es quién en Cogen España 2012*

Proyecto: Trigeneración en la Universidad de Alcalá

Este proyecto de trigeneración se implementó en la Universidad de Alcalá (Madrid) en marzo de 2011 como respuesta a un enfoque de abastecimiento energético eficiente. El proyecto ha demostrado tener una eficiencia alta desde el punto de vista de los costos. Mediante dos unidades de cogeneración se lograron reducir las necesidades de gas natural utilizando el calor de escape y el calor del enfriamiento del motor para cubrir la demanda de calor para el aire acondicionado (calor y frío) del complejo universitario.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2011
- Sector: público (universidad)
- Tecnología: 2 unidades de cogeneración y 1 refrig. de absorción
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 231 kW_e cada unidad
- Clasificación: pequeña trigeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: no disp./no corresp.
- Uso final del calor / frío: agua caliente y aire acondicionado
- Equipo complementario: refrig. de absorción
- Ahorro de costos: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: COGEN España: *quién es quién en Cogen España 2011*

Proyecto: “Cerámica La Coma” en Balaguer (Lleida)

El proyecto de cogeneración en la empresa “Cerámica La Coma”, en Balaguer (Lleida), fue implementado en diciembre de 2008. En él, la cogeneración se basa en un motor alternativo con gas natural como combustible.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2008
- Sector: industrial
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 1 MW_e
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: 45.000 kg/h de aire caliente a 108 °C
- Uso final del calor: parte de la demanda térmica del proceso
- Equipo complementario: no disp./no corresp.
- Ahorro de costos: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂¹: 863 toneladas/año



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: COGEN España: *quién es quién en Cogen España 2009*

5.4 California

5.4.1 Condiciones en California

Clima

En California existe una amplia variedad de climas. En la zona septentrional de la costa el clima es oceánico templado, y más en el sur es mediterráneo templado. Tierra adentro, el clima se hace más continental, siendo algunas zonas semiáridas, con inviernos fríos y veranos notablemente más calientes. En los valles de baja altitud, especialmente en el Valle Central, el

clima es mediterráneo caliente con temperaturas subtropicales, aunque con un período estival seco definido y un período lluvioso frío y con nieblas. [Wik 2012b⁵⁹]

De acuerdo con la diversidad de climas, las temperaturas medias difieren notablemente en las diferentes regiones californianas.

Uso de la electricidad

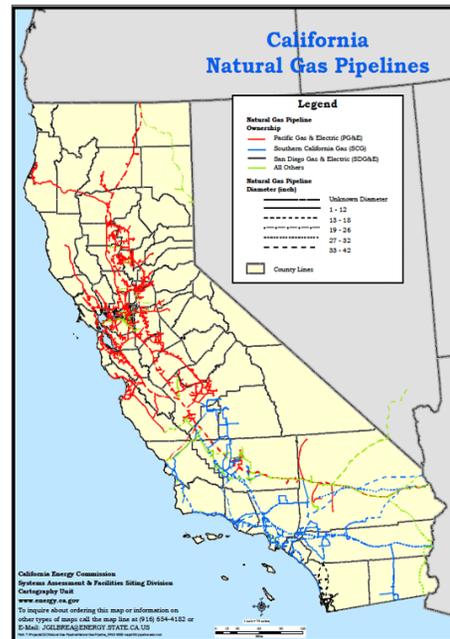
En 2011, el total de electricidad neta generada en California ascendió a 201 TWh_e. Las fuentes de energía primaria contribuyeron a esta cifra en los siguientes porcentajes: 45,3 % - gas natural, 21,3 % - energía hidroeléctrica, 18,3 % - energía nuclear, 13,6 % - otras energías renovables, y 1,5 % - otras fuentes (carbón, petróleo, otros gases). La potencia total instalada en 2011 fue de alrededor de 72 GW_e. [Cal 2013⁶⁰ Para 2020, el gobierno ha fijado los objetivos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 % en comparación con el nivel de 1990 e incrementar la contribución de las energías renovables al suministro de electricidad a un 33 %.

Precio de la energía

En comparación con los precios en otros países industrializados, los precios de la electricidad y el gas natural en California son bajos. El precio medio de la electricidad para clientes domésticos, incluido el impuesto, era de unos 10,4 céntimos de dólar por kWh_e en noviembre de 2011. Para clientes industriales, el precio de la electricidad era incluso inferior, de 5,9 céntimos de dólar por kWh_e. El gas natural es el combustible principal para la generación de electricidad en California, especialmente en las unidades de cogeneración y trigeneración (véase apartado 2.4.3). El precio medio del gas natural para los clientes domésticos, incluidos impuestos, era de unos 3,8 céntimos de dólar por kWh en noviembre de 2011. En ese mismo momento, los clientes industriales pagaban un precio medio de unos 12,6 céntimos. En comparación con los precios en los demás países elegidos en este estudio como ejemplos de buenas prácticas, estos precios son bajos. [EIA 2012⁶¹]

Disponibilidad de gas natural

Figura II - 19: Gasoductos principales en California



Fuente: [Cal 2012⁶²]

⁵⁹ Wikipedia: *Clima de California*, http://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_California, acceso comprobado el 6 de diciembre de 2012

⁶⁰ California Energy Commission: *Electric Generation Capacity & Energy: 2001 – 2012*, http://energyalmanac.ca.gov/electricity/electric_generation_capacity.html, acceso comprobado el 26 de febrero de 2013

⁶¹ EIA, U. S. Energy Information Administration: <http://www.eia.gov/electricity/annual/>, acceso comprobado en febrero de 2012

⁶² California Energy Commission: *California Energy Maps*, http://www.energy.ca.gov/maps/infrastructure/natural_gas.html, acceso comprobado el 6 de diciembre de 2012

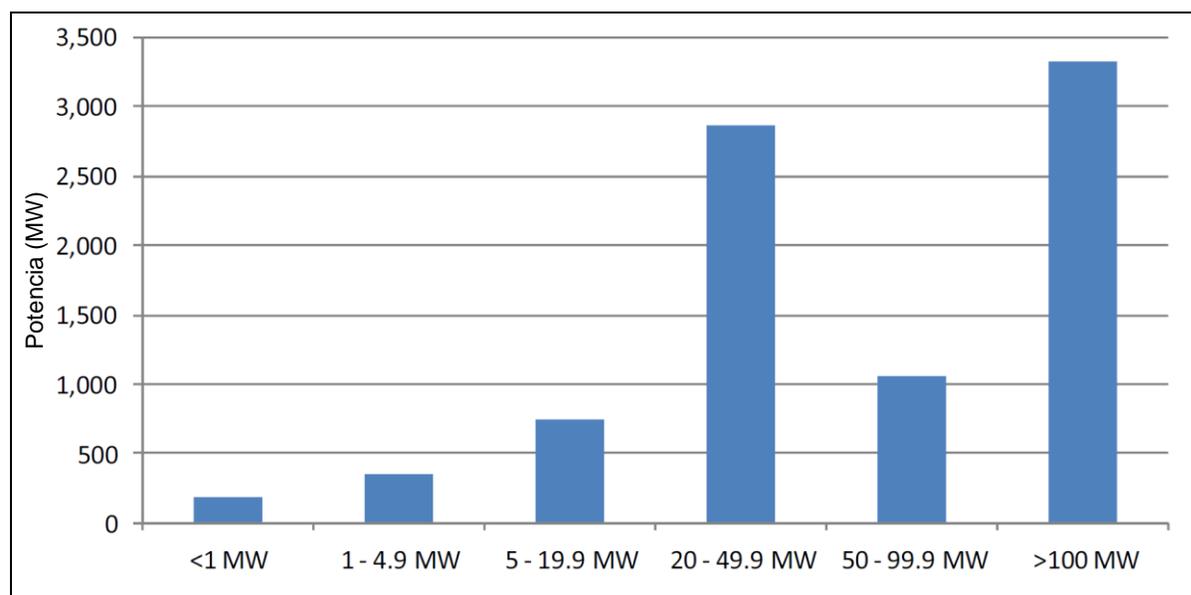
Según se ilustra en la **Figura II – 19**, el sistema de distribución de gas natural californiano está muy desarrollado en las zonas urbanas y permite a la mayoría de la población acceder a este recurso.

5.4.2 Situación actual y evolución de la cogeneración en California

A finales de 2001, la potencia total instalada de cogeneración y trigeneración en California alcanzó aproximadamente 8.500 MW_e. En total había instaladas alrededor de 1.200 unidades, alcanzándose así una media aritmética de 7 MW_e por instalación.

En la **Figura II – 20** se observa que los sistemas con menos de 5 MW_e representan sólo el 6,2 % del total de potencia de cogeneración en California, mientras que los sistemas con más de 100 MW_e alrededor del 40 %. Sin embargo, la saturación del mercado de cogeneración en las grandes instalaciones es muy superior a la de las instalaciones más pequeñas. Gran parte del potencial técnico que todavía existe en el mercado corresponde a sistemas más pequeños. La tendencia reciente de aumento del número de instalaciones demuestra que en los últimos años se ha instalado un mayor número de sistemas más pequeños. Desde 2006 hasta la fecha, un 27,7 % del aumento de potencia se debe a sistemas de cogeneración con menos de 5 MW_e. [CPU 2012⁶³]

Figura II - 20: Potencia instalada de cogeneración y trigeneración en California a finales de 2011 [MW_e]



Fuente: [CPU 2012]Error! Marcador no definido.]

Se estima que más del 80 % del potencial de cogeneración y trigeneración en California corresponde a sistemas con menos de 5 MW_e. Las aplicaciones de este tipo de sistemas se encuentran en los siguientes sectores:

- Industrial: fabricación y montaje
- Comercial: hoteles, escuelas, edificios de oficinas [EPA 2007⁶⁴]

⁶³ CPUC: *Electricity and Natural Gas Regulation in California*, <http://www.cpuc.ca.gov/PUC/energy/>, acceso comprobado el 6 de diciembre de 2012

⁶⁴ EPA, Roadmap-CHP, disponible en: <http://www.energy.ca.gov/>, 2007

En la **Tabla II – 5** puede consultarse el número de unidades de cogeneración y trigeneración, así como sus potencias (total y media), en diferentes subsectores comerciales en California.

Hasta finales de 2011, alrededor del 50 % de la potencia de cogeneración y trigeneración en California estaba instalada en el sector industrial, seguido del sector de la recuperación de petróleo y el sector comercial con un 30 y 20 % respectivamente. Con un porcentaje del 84 %, el gas natural fue claramente el combustible más importante para la cogeneración y trigeneración en California. [CPU 2012⁶⁵]

Tabla II - 5: Instalaciones de cogeneración y trigeneración según su potencia total y media en diferentes subsectores comerciales en California en 2006

Aplicación	Número	Potencia total [MW]	Dimensio. medio [kW]	Tecnología
Escuelas	110	8,6	78	Motores alternativos, microturbinas
Lavanderías	64	1,1	17	Motores alternativos
Hoteles	63	28,9	459	Motores alternativos, microturbinas, células de combustible
Clubs de salud	46	6,2	135	Motores alternativos, microturbinas
Universidades	45	269	5,978	Motores alternativos, turbinas de gas
Hospitales	42	170,1	4,050	Motores alternativos, turbinas de gas, calderas/vapor
Edificios de oficinas	41	34,1	832	Motores alternativos, microturbinas, células de combustible
Tratamiento de aguas residuales	30	108,7	3,623	Motores alternativos, microturbinas, turbinas de gas
Apartamentos/comunidades de propietarios	24	1,6	67	Motores alternativos, microturbinas
Hogares de ancianos	16	4,9	306	Motores alternativos

Fuente: [EPA 2007⁶⁶]

5.4.3 Medidas de apoyo en California

En California, la motivación para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración es atribuible principalmente al objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

En 2010, en un programa de apoyo a la cogeneración y trigeneración establecido por una comisión de las principales empresas californianas de servicios públicos, cuatro representantes de instalaciones cualificadas⁶⁷ y dos grupos defensores de los consumidores, se fijaron dos

⁶⁵ CPUC: *Electricity and Natural Gas Regulation in California*, <http://www.cpuc.ca.gov/PUC/energy/>, acceso comprobado el 6 de diciembre de 2012

⁶⁶ EPA, Roadmap-CHP, disponible en: <http://www.energy.ca.gov/>, 2007

⁶⁷ Las instalaciones cualificadas son una clase definida de productores de energía. Pueden ser pequeños productores de energía comercial que normalmente autogeneran energía para cubrir su propia demanda pero que

objetivos: establecer durante el período del programa un mínimo de 3.000 MW de cogeneración, y

- reducir las emisiones de GEI de conformidad con el *Climate Change Scoping Plan* de la California Air Resources Board, es decir, evitar 6,7 millones de toneladas métricas hasta 2020. [CPU 2012⁶⁸]

Las tres principales empresas públicas de abastecimiento de energía eléctrica de California deben contribuir en gran medida a estos objetivos. Para cada una de ellas se han concretado una potencia instalada mínima de cogeneración y la correspondiente reducción de emisiones de GEI.

Además de este programa, durante los últimos años se han implementado varias medidas dirigidas a apoyar el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en California. Las más importantes se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla II - 6: Medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en California

Tipo de medida	Descripción
Marco normativo	<ul style="list-style-type: none"> • Normas de conexión (norma 21) (Interconnection standards (Rule 21)) para la conexión a la red (requisitos, procedimiento, costos y posible aptitud para conexión por vía rápida) • Para obtener tarifa regulada: 60 % de eficiencia mínima; la unidad de cogeneración debe dimensionarse de acuerdo a las necesidades térmicas in situ • Contratos simplificados para tarifa regulada para unidades de cogeneración con < 5 MW_e y < 500 kW_e
Precio y prima garantizados	<ul style="list-style-type: none"> • Export Feed-in-Tariff (FIT, Assembly Bill No. A1613): tarifa regulada que proporciona el precio para la venta, a una empresa pública, del exceso de electricidad procedente de instalaciones de cogeneración de menos de 20 MW_e <ul style="list-style-type: none"> - contrato con empresas públicas californianas relativo al abastecimiento de electricidad y su pago (1 a 10 años) - los precios se componen de un precio fijo (para costos de inversión de la unidad de cogeneración) y un precio variable (p. ej. según el precio del gas natural) - bono por localización para incentivar instalaciones en emplazamientos con privilegios adicionales en relación con la red - la tarifa regulada varía según el período de tiempo (verano/invierno y diurno)
Apoyo a la inversión: Incentivos fiscales y subvenciones	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de incentivos a la generación propia (Self-Generation Incentive Program, SGIP): proporciona incentivos financieros para la instalación de equipos nuevos aptos de autogeneración. <ul style="list-style-type: none"> - un mismo incentivo de 500 dólares/kW_e para todas las unidades de cogeneración con potencia instalada inferior a 5 MW_e
Programa de certificación	<ul style="list-style-type: none"> • Reembolso por derechos de emisión de gases de efecto invernadero <ul style="list-style-type: none"> - en lugar de una tarifa regulada, los operadores de unidades de cogeneración pueden cobrar de la empresa pública por ahorro de emisiones de GEI

ocasional o frecuentemente producen un excedente de energía, o productores que generan energía eléctrica como subproducto de otras actividades, p. ej. en una instalación de cogeneración o generación combinada de calor y electricidad. [CPU 2012] **Error! Marcador no definido.**

⁶⁸ CPUC, página web: *Electricity and Natural Gas Regulation in California*, <http://www.cpuc.ca.gov/PUC/energy/>, acceso comprobado el 6 de diciembre de 2012

Fuente: [CPU 2012¹Error! Marcador no definido.]

5.4.4 Estudios de caso en California

A continuación se muestra una selección de estudios de caso de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración en California. Como en España, la mayoría de los proyectos de cogeneración y trigeneración en California se encuentra en el sector industrial, siendo la potencia instalada por unidad relativamente alta en comparación con la potencia instalada media en Alemania o el Reino Unido (véase también apartado 7.3.2). Son pocos los casos con una potencia instalada inferior a 500 kW_e. Por ello, sólo dos de los ejemplos mostrados más abajo se sitúan en ese rango. Dadas las temperaturas relativamente altas en muchas regiones de California, ya se ha implementado la trigeneración en algunos proyectos. En este apartado se incluyen dos ejemplos en los que el calor generado se aprovecha para refrigerar un hotel y un centro de datos respectivamente. En California hay proyectos con unidades de cogeneración que utilizan biogás, y uno de ellos se presenta en el último ejemplo. Las potencias instaladas en los ejemplos abarcan desde 240 kW_e hasta 1,5 MW_e.

Proyecto: Cárcel Santa Rita, en Alameda County (Dublin)

Este proyecto de cogeneración en la tercera instalación penitenciaria de condado más grande de California, con 4.000 reclusos y una superficie de 9,3 hectáreas, fue implementado en mayo de 2006.

La planta de cogeneración se basa en un único módulo alimentado por gas natural. El sistema proporciona electricidad y precalentamiento del agua caliente de uso doméstico.

- Demanda punta de electricidad: 3,2 MW_e
- Electricidad proporcionada: 8 millones de kWh/año (50 % de la demanda)
- Calor proporcionado: 410 kWh/año (18 % de la demanda)

Solución:

- Inicio del proyecto: 2006
- Sector: público (cárcel)
- Tecnología: 1 unidad de cogeneración
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 1 MW_e
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: 8 mill. kWh_e/año (50 % de la demanda)
- Prod. de calor: 410 kWh_{th}/año (18 % de la demanda)
- Uso final del calor: agua caliente
- Equipo complementario: no disp./no corresp.
- Ahorro de costos: 264.000 \$/año
- Ahorro de CO₂¹: no disp./no corresp.



¹ En comparación con generación convencional de energía.

Fuente: Pacific Region CHP Application Center for California, Nevada, and Hawaii

Proyecto: Hotel “The Ritz-Carlton” en San Francisco

El proyecto de trigeneración en este hotel de 336 habitaciones, gimnasio, piscina cubierta y vaporarios fue implementado en octubre de 2005 y combina la generación de frío, calor y electricidad (trigeneración).

Solución:

- Inicio del proyecto: 2005
- Sector: hotel
- Tecnología: 4 microturbinas y 1 refrigerador de absorción
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 4 x 60 kW_e
- Clasificación: pequeña trigeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: no disp./no corresp.
- Prod. de frío: 120 ton. de refrigeración
- Uso final del calor / frío: agua caliente y aire acondicionado
- Equipo complementario: refrigerador de absorción
- Ahorro de costos: 120.000 \$/año
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



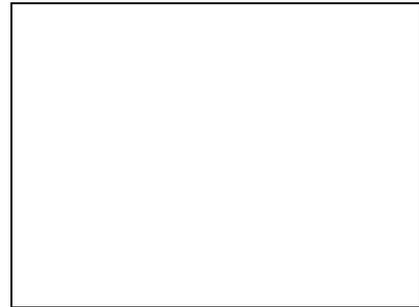
Fuente: Pacific Region cogeneración Application Center for California, Nevada, and Hawaii

Proyecto: Centro de datos “Network Appliance” (NetApp), en Sunnyvale

Este proyecto de trigeneración en una empresa mundial de almacenamiento y gestión de datos, con sede en Silicon Valley, Sunnyvale, fue implementado en 2004 y combina la generación de frío, calor y electricidad (trigeneración). El centro de datos tiene servidores en una superficie de 6.638 pies cuadrados.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2004
- Sector: comercial
- Tecnología: 3 unidades de cogeneración y un refrigerador de absorción
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 3 x 375 kW_e
- Clasificación: pequeña trigeneración
- Prod. de electricidad: 60 % de la demanda total
- Prod. de calor: 40 % de la demanda total
- Uso final del frío: refrigeración de servidores
- Equipo complementario: refrigerador de absorción
- Ahorro de costos: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: Pacific Region CHP Application Center for California, Nevada, and Hawaii

Cogeneración de 1.5 MW_e en el edificio “One Market Plaza”, San Francisco

Proyecto: Edificio “One Market Plaza”, San Francisco

Este proyecto de cogeneración en un complejo de edificios de 1,5 millones de pies cuadrados, con dos edificios de gran altura, un anejo de seis pisos, y espacio de oficina y comercial, fue implementado en 2003.

El calor residual del agua de refrigeración del motor y el calor de escape se aprovechan para producir vapor para calentar el edificio.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2003
- Sector: comercial
- Tecnología: 3 unidades de cogeneración
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 1,5 MW_e (3 x 500 kW_e)
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: 30 % de la demanda
- Prod. de calor: 1.800 kg vapor/hora
- Uso final del calor: calefacción
- Equipo complementario: no disp./no corresp.
- Ahorro de costos: no disp./no corresp.
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: U.S. DOE Pacific Region Clean Energy Application Center, 2011

Proyecto: Empresa pública municipal en East Bay, Oakland

El proyecto de trigeneración en el edificio de administración de la empresa pública, en el centro de Oakland, fue implementado en julio de 2003. Esta empresa abastece de agua a parte de dos condados en la zona de la Bahía de San Francisco. El sistema de distribución de agua cubre 841 km² y sirve a alrededor de 1,3 millones de clientes.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2003
- Sector: público/comercial
- Tecnología: 10 microturbinas y 1 refrigerador de absorción
- Combustible: gas natural
- Potencia instalada: 600 kW_e (10 x 60 kW_e)
- Clasificación: pequeña trigeneración
- Prod. de electricidad: n/a
- Prod. de frío: 180 ton. de refrigeración
- Uso final del frío: no disp./no corresp.
- Equipo complementario: refrigerador de absorción
- Ahorro de costos: 200.000 – 300.000 \$/año
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: U.S. DOE Pacific Region Clean Energy Application Center, 2011

Proyecto: Planta de recuperación de agua de Chiquita, en Santa Margarita

El proyecto de cogeneración en la planta de recuperación de agua fue iniciado en 2001 y completado en octubre de 2003. El calor residual de las microturbinas sirve para calentar las instalaciones de digestión anaerobia.

Solución:

- Inicio del proyecto: 2001 y 2003
- Sector: industria (recuperación de agua)
- Tecnología: 4 microturbinas
- Combustible: biogás
- Potencia instalada: 120 kW_e (4 x 30 kW_e) biogás
- Clasificación: pequeña cogeneración
- Prod. de electricidad: no disp./no corresp.
- Prod. de calor: no disp./no corresp.
- Uso final del calor: calentamiento (digestión anaerobia)
- Equipo complementario: no disp./no corresp.
- Ahorro de costos: 60.000 \$/año
- Ahorro de CO₂: no disp./no corresp.



Fuente: U.S. DOE Pacific Region Clean Energy Application Center, 2011

6 Comparación de los países

En este capítulo se resumen las enseñanzas extraídas en los capítulos anteriores sobre los países/estado Reino Unido, Alemania, España y California, y se establece una comparación con la situación en México. En este contexto se examinan los siguientes aspectos:

- Condiciones climáticas
- Precio de la energía
- Motivación para el apoyo político a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, y medidas aplicadas

Finalmente, sobre la base de la comparación, se formulan recomendaciones y propuestas para la acción en México.

6.1 Condiciones climáticas

Los países/estado analizados pueden dividirse en dos grupos en relación con sus condiciones climáticas y la importancia de éstas para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración. Al primer grupo pertenecen los países con una demanda alta de calefacción en invierno y en los períodos de transición, es decir, Reino Unido y Alemania. En el segundo se incluyen los países/estado con una demanda baja de calefacción pero una demanda de refrigeración relativamente alta, es decir, España, California y México.

En el Reino Unido y Alemania, el número elevado de días con necesidad de calefacción y la correspondiente demanda de calor para la calefacción de espacios y agua caliente favorecen la rentabilidad de los proyectos de cogeneración, especialmente en las aplicaciones a micro y pequeña escala en el sector residencial y los subsectores comerciales de hoteles y edificios de oficinas (véase, p.ej., en el caso del Reino Unido, apartado 7.1). En estos sectores la demanda en un solo lugar (p. ej., un complejo de edificios) habitualmente asciende a algunas decenas o centenares de kilowatios, por lo que el potencial de micro y minicogeneración ($< 500 \text{ kW}_e$) es alto (para gran escala se requeriría establecer redes de calor adicionales). Este hecho se refleja también en las medidas políticas de apoyo, enfocadas en facilitar proyectos de micro y pequeña cogeneración (véanse apartados 7.1.3 y 7.2.3). En ambos países esto ha conducido en los últimos años a un aumento de los proyectos a micro y pequeña escala, especialmente en los sectores residencial y comercial (véanse apartados 7.1.2 y 7.2.2).

En los países del segundo grupo (España, estado de California y México), la cogeneración y trigeneración se han aplicado hasta la fecha sobre todo en el sector industrial (con demanda alta de calor para procesos) y en subsectores comerciales con demanda alta de calor (para procesos) o refrigeración, como grandes hoteles, hospitales o universidades. La demanda reducida de calefacción de locales en estos países tiene un fuerte impacto en el potencial de cogeneración y trigeneración en estos sectores, teniendo el sector residencial menos importancia en estos países. La diferente magnitud de la demanda de calor y refrigeración en las empresas industriales y en los grandes edificios comerciales da lugar a una potencia media relativamente alta de los proyectos de cogeneración y trigeneración. Según puede verse en los apartados 7.3.3 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las medidas de apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en estos países se concentran en un rango más alto de potencia que en los otros dos países (en España y California las plantas de cogeneración $< 500 \text{ kW}_e$ no se dividen en segmentos adicionales, es decir, todas las plantas por debajo de dicho límite son tratadas uniformemente).

En este contexto, es preciso mencionar que España y California poseen un importante potencial, todavía sin explotar, para la micro y mini cogeneración y trigeneración en los sectores

residencial y comercial (véanse apartados 7.3.2 y 7.4.2). Debido a sus condiciones climáticas, gran parte de dicho potencial podría asociarse a la trigeneración. No obstante, la realización de este potencial plantea algunos problemas. La trigeneración es una tecnología costosa y con frecuencia (p. ej. en el sector residencial) no se considera esencial para los usuarios, sino un lujo. Cuando se aplica con fines de refrigeración en apartamentos, habitualmente se utilizan unidades de refrigeración por compresión individuales muy pequeñas. Agregar las necesidades individuales de refrigeración en edificios residenciales a fin de alcanzar una rentabilidad favorable para una planta de trigeneración es muy difícil. Por otro lado, en este grupo de países existen subsectores comerciales –hoteles, hospitales o centros comerciales (véanse estudios de caso en apartados 2.3.4 y 2.4.4)– en los que la micro y pequeña trigeneración pueden ser una solución viable.

Es preciso hacer hincapié en que, en general, incluso bajo condiciones climáticas similares, la viabilidad de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración depende de un conjunto de condiciones que puede variar en cada proyecto individual. Entre otros, la motivación de un cliente para establecer instalaciones de cogeneración y trigeneración depende, fundamentalmente, de la demanda específica de energía (es decir, electricidad y calor y/o frío) y los costos de abastecimiento energético, en especial la diferencia entre el precio (potencial) del combustible para la operación de las instalaciones de cogeneración y trigeneración y el precio de la electricidad.

6.2 Precio de la energía

Según lo expuesto anteriormente, la rentabilidad de las plantas de cogeneración y trigeneración es muy compleja y debe evaluarse para cada proyecto individual. No es posible determinar la viabilidad económica de estas tecnologías a nivel general para un país. No obstante, los altos precios de la energía (especialmente de la electricidad) actúan como incentivo y tienden a crear conciencia respecto de los beneficios de estas tecnologías.

En la **Tabla II - 7** se exponen los precios de la energía en 2011 en los países/estado analizados. Se observa que los precios varían significativamente entre los países y entre los diferentes grupos de clientes en un mismo país. Además de a otras razones, esto puede atribuirse en cierta medida a las diferentes políticas tributarias y a la fijación específica de otros componentes de tarifas reguladas en cada país. La diferencia entre los precios de la electricidad y del gas natural es relativamente alta en Alemania y España, en especial para los clientes domésticos. Independientemente de cualquier política de incentivación o exención tributaria para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración aplicable en estos países, la diferencia de precio mencionada redundaría en un interés económico alto en la generación in situ de electricidad a través de plantas de cogeneración alimentadas con gas. En México, las políticas tributarias también influyen significativamente en el precio de la energía. Los precios de la electricidad varían entre aproximadamente 10 céntimos de dólar por kWh_e para determinados clientes domésticos y 28 céntimos por kWh_e para determinados clientes comerciales [Sec 2012⁶⁹] y [CRE 2012a⁷⁰]. En México, en ciertos sectores y subsectores con precios relativamente altos de la electricidad, las tecnologías de eficiencia energética y el autoabastecimiento de electricidad adquieren interés.

⁶⁹ Secretaría de Energía y datos de la Comisión Federal de Electricidad: <http://www.sener.gob.mx/res/476/Average%20Price.pdf>, acceso comprobado el 12 de diciembre de 2012

⁷⁰ CRE: Precio Gas Natural: Usuarios Finales, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=169>, acceso comprobado el 12 de diciembre de 2012

Tabla II - 7: Precios de la electricidad y el gas natural, impuestos incluidos, en 2011 en los países seleccionados

		Alemania	Reino Unido	España	EE.UU.
Precio de la electricidad en céntimos de dólar /kWh *	doméstico	35,1	20,5	29,5	11,8
	industrial	15,7	12,7	14,9	6,9
Precio del gas natural en céntimos de dólar /kWh *	doméstico	9,3	6,5	8,9	3,6
	industrial	5,4	3,6	3,8	1,7

Fuente: [DECC 2012c⁷¹]

6.3 Motivación para el apoyo político a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, e instrumentos aplicados

Según lo expuesto en el capítulo 7, las condiciones y la motivación para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración difieren entre los países analizados como ejemplos. En la Tabla II - 8 se resumen las principales motivaciones y los tipos de medidas para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en estos países así como en México.

Tabla II - 8: Resumen de las diferentes motivaciones para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración así como tipos de medidas de apoyo en los países analizados y México

Reino Unido	Motivación para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración	<ul style="list-style-type: none"> Objetivos de protección del clima y eficiencia energética Se prevé futuro déficit de potencia firme
	Marco normativo (p. ej., liberalización del mercado de la electricidad, etc.)	 simplificación de la precalificación para incentivos (< 2 MW _e)
	Incentivos (financiación pública)	 FIT (< 2 kW _e) y FIT para combustibles renovables (< 5 MW _e), reducción de impuestos, préstamos (< 50 kW _e)
	Obligaciones	 ROC (véase 7.1.3, todas las potencias pero sólo combustibles renovables)
Alemania	Motivación para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración	<ul style="list-style-type: none"> Objetivos de protección del clima y eficiencia energética Se prevé futuro déficit de potencia firme
	Marco normativo (p. ej., liberalización del mercado de la electricidad, etc.)	 eficiencia energética obligatoria más alta para la precalificación que para gran escala (< 50 kW _e)

⁷¹ DECC: *Quarterly Energy Prices - September 2012*, 2012

	Incentivos (financiación pública)	✓	prima para cogeneración que utilizan combustibles fósiles (< 50 kW _e , < 200 kW _e , < 2 MW _e), subvención (< 50 kW _e), FIT para cogeneración que utilizan energías renovables (75 kW _e a 20 MW _e)
	Obligaciones	(✓)	EEWärmeG (cogeneración como una opción posible, véase 7.2.3)
España	Motivación para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración		<ul style="list-style-type: none"> Objetivos de protección del clima y eficiencia energética
	Marco normativo (p. ej., liberalización del mercado de la electricidad, etc.)	✓	simplificaciones para conexión a la red (< 1 MW _e)
	Incentivos (financiación pública)	X	Suspendidos. Previamente tarifa regulada (< 500 kW _e y < 1 MW _e)
	Obligaciones	X	no corresponde
California	Motivación para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración		<ul style="list-style-type: none"> Objetivos de protección del clima y eficiencia energética Se prevé futuro déficit de potencia firme
	Marco normativo (p. ej., liberalización del mercado de la electricidad, etc.)	✓	contratos simplificados para FIT (< 500 kW _e y < 5 MW _e)
	Incentivos (financiación pública)	(✓)	FIT (< 20 MW _e), subvención (5 MW _e)
	Obligaciones	✓	Contribución de cogeneración y certificados de emisión de GEI para empresas públicas (todas las potencias)
México	Motivación para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración		<ul style="list-style-type: none"> Objetivos de protección del clima y eficiencia energética
	Marco normativo (p. ej., liberalización del mercado de la electricidad, etc.)	(✓)	simplificación de la precalificación para incentivos (30 kW _e y < 500 kW _e)
	Incentivos (financiación pública)	X	-
	Obligaciones	X	-
Medida ✓ aplicada, (✓) parcialmente aplicada, X no aplicada actualmente			

En los cuatro países elegidos para la comparación, la motivación principal para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración es el deseo de alcanzar los objetivos del gobierno en materia de protección del clima y eficiencia energética. También México se ha propuesto estos

objetivos, por lo que en este país igualmente podrían convertirse en un impulsor clave para la adopción de medidas y políticas apropiadas de apoyo en el ámbito de las tecnologías de cogeneración. En California, Alemania y el Reino Unido, una segunda motivación importante para fomentar la cogeneración descentralizada es el objetivo de garantizar un sistema energético futuro estable, capaz de integrar una contribución creciente de las fuentes de energía renovable de producción fluctuante. El riesgo de un déficit futuro de potencia eléctrica disponible, como consecuencia de la retirada de la red de las plantas convencionales de generación eléctrica (en Alemania especialmente centrales nucleares) y el aumento de la contribución de las fuentes de energía renovable, de producción fluctuante, ya ha sido identificado en Alemania y el Reino Unido como un problema fundamental. Una solución posible para abordarlo se considera el abastecimiento descentralizado de electricidad a través de unidades de cogeneración. En California, esta segunda motivación no adquiere tanta importancia para el fomento de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, aunque se reconozcan sus efectos positivos. Para México y España no se prevé un déficit potencial de capacidad disponible de generación de electricidad para el corto y medio plazos (véanse apartado 7.3.1 y [Sec 2010]⁷²).

La motivación actual para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en Alemania, el Reino Unido y California, impulsada por las condiciones descritas, parece ser por lo tanto algo más fuerte que en España y México. Este hecho se refleja también en el alcance y la profundidad de las medidas políticas aplicadas en este contexto. Para comparar las medidas implementadas en los países analizados para apoyar la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, se ha realizado una clasificación de las mismas en tres grupos:

- **Marco normativo:** Se incluyen aquí las políticas y normativas pertinentes que **simplifican/facilitan** la instalación y aplicación de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, p. ej., la liberalización de la venta de energía, la aprobación simplificada de solicitudes de conexión a la red eléctrica, la especificación transparente de los requisitos técnicos para la conexión a la red, etc. No se incluyen en este grupo las ayudas financieras directas (incentivos) ni las obligaciones.
- **Incentivos:** Apoyo financiero proporcionado por el gobierno (o instituciones subordinadas), p. ej., tarifas reguladas (*feed-in-tariffs*, FIT) u apoyo a inversiones financieras.
- **Obligaciones:** Políticas que directa o indirectamente (cogeneración o trigeneración como una de varias opciones) reglamentan/imponen la utilización de la cogeneración y trigeneración.

En la **Tabla II – 8** puede verse que los cuatro países/estado analizados simplifican la aplicación de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración con un marco normativo de apoyo que incluye, p. ej., el permiso de vender en el mercado la electricidad generada (liberalización del mercado de la electricidad) o la simplificación de los procedimientos para solicitar la conexión a la red eléctrica o de la precualificación exigida para obtener incentivos. En México, en comparación con los países analizados, el apoyo a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración a través del marco normativo es limitado. El mercado de la electricidad todavía no está liberalizado, y no existen normas claras relativas a la conexión de unidades de cogeneración y trigeneración a la red eléctrica pública. Además, en México no se realiza una validación independiente de la aprobación de solicitudes de conexión a la red, dado que todas

⁷² Secretaría de Energía: *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010 – 2025*, 2010

las aprobaciones así como las decisiones finales respecto de las mismas corren a cargo del operador de la red pública (Comisión Federal de Electricidad, CFE).

Por otro lado, en México tampoco existen hasta la fecha incentivos específicos para apoyar la cogeneración y trigeneración. En los países/estados analizados como ejemplos de buenas prácticas –a excepción de España, donde las tarifas reguladas para la electricidad generada en unidades de cogeneración y trigeneración fueron suspendidas en enero de 2012 como consecuencia de la política de recortes por la crisis financiera–, la micro y pequeña cogeneración y trigeneración se apoyan a través de algún tipo de incentivo financiero. Las tarifas reguladas o primas habitualmente se ordenan en una escala según la potencia de las unidades, con tarifas más altas para unidades más pequeñas. Del mismo modo, el apoyo a inversiones financieras (p. ej., subvenciones) habitualmente se proporciona para unidades de cogeneración y trigeneración de los rangos de potencia más pequeños, debido a que suele ser más difícil la amortización de estos proyectos que de proyectos más grandes.

El Reino Unido, Alemania y California aplican diferentes tipos de obligaciones para empresas públicas y consumidores de energía, que deben o pueden ser cumplidas por la cogeneración y trigeneración. Los ejemplos varían desde certificados de uso de energías renovables (ROC) (Reino Unido) o contribución de cogeneración y certificados de emisiones de GEI para las empresas públicas (California), hasta requisitos a cumplir en edificios nuevos o saneados (Alemania). En España y México no se implementan actualmente obligaciones de este tipo.

7 Conclusiones generales y recomendaciones

Sobre la base de los análisis realizados en los capítulos anteriores se extraen a continuación recomendaciones para intensificar el apoyo y la promoción de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México. Las recomendaciones han sido agrupadas en dos categorías:

- Políticas nacionales de apoyo a la cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas
- Desarrollo de capacidades y concienciación en materia de cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas

7.1.1 Políticas nacionales de apoyo

Situación actual

Los análisis de la situación actual y el potencial de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México, así como de los ejemplos de buenas prácticas a nivel internacional, muestran que el apoyo político es extremadamente necesario para promover el desarrollo de esta tecnología en México. Por otro lado, es preciso tener en cuenta que, a pesar de las ventajas generales de esta tecnología, el apoyo político dependerá de la motivación política, así como de la disponibilidad de recursos y la prioridad dada a éstos en el país. Por esta razón se aconsejó dividir los grupos potenciales de medidas e instrumentos de política en dos grupos:

1. apoyo político que mejora las **condiciones generales** (p. ej., marco normativo) para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración, sin ningún tipo de apoyo financiero directo del gobierno;
2. apoyo político que proporciona **apoyo financiero** directo o indirecto del gobierno para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración.

En México ya se han implementado algunas políticas que mejoran las condiciones generales (véase capítulo 2) y ofrecen las siguientes opciones:

- generar electricidad para uso propio, p. ej., mediante cogeneración y trigeneración;
- conectar unidades de cogeneración o trigeneración a la red eléctrica y exportar el excedente de electricidad a la misma;
- aprovechar la red pública para transportar electricidad a otro lugar de autoabastecimiento (tasa reducida para el transporte de electricidad generada de forma descentralizada);
- “almacenar” el excedente de electricidad inyectado mediante un mecanismo de contabilidad conocido como “banco de energía” hasta durante 12 meses (producción y uso de la electricidad más flexibles);
- vender la electricidad al proveedor público de electricidad, la CFE (por el precio más bajo de generación de electricidad de todas las plantas eléctricas conectadas a la red de distribución a donde se inyecta la electricidad).

En México existen además normas de precalificación (p. ej., eficiencia energética mínima) que deben cumplirse para obtener el permiso de utilizar la red pública para el transporte del excedente de electricidad. Al no ser aplicables estas normas a las unidades de cogeneración y trigeneración de potencia instalada inferior a 30 kW_e, se está brindando apoyo específico a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración.

Mejora de las condiciones generales

La rentabilidad de los proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración podría mejorar notablemente en México si el excedente de electricidad vertido a la red se pudiera vender a un precio de mercado adecuado o incluso directamente a terceros clientes. (La posibilidad existente de “almacenar” el excedente de electricidad durante 12 meses utilizando un mecanismo de contabilidad llamado “banco de energía” ya es un paso en una dirección similar. Es importante destacar que el beneficio potencial de este tipo de modelo de medición neta depende sustancialmente de la estructura de la demanda energética en cada proyecto individual.) Sin embargo, la retribución adecuada por la electricidad inyectada en las redes de distribución depende notablemente de la configuración del mercado nacional de electricidad. Los aspectos del esquema del mercado que deben tenerse en cuenta en este contexto son muy complejos, y su adaptación a las plantas de cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas distribuidas debe considerarse un objetivo a medio o largo plazo.

A corto y medio plazo, sería muy útil mejorar las normas existentes relativas a los procedimientos de conexión a la red e incrementar su transparencia. Los operadores potenciales de plantas precisan información fiable sobre las diferentes opciones y los costos de acceso a la red eléctrica. La racionalización de los procedimientos de conexión a la red debería ser un objetivo prioritario de la agenda política. Los procedimientos mejorados deberían contener, al menos:

- normas de precualificación claramente definidas para la conexión a la red de plantas de cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas (especificación según tipo y dimensionamiento del sistema), p. ej. requisitos de eficiencia energética mínima;
- requisitos técnicos y administrativos precisos y transparentes (incluidos requisitos de seguro y monitoreo razonables y adaptados al tipo y dimensionamiento de las unidades instaladas);
- proceso de solicitud claramente definido y normalizado, que incluya plazos de obligado cumplimiento, modalidades y normas de actuación para el caso de rechazo de una solicitud;
- procedimiento simplificado de conexión a la red para sistemas de pequeña cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas dimensionados por debajo de un límite predefinido.

En relación con la situación actual que afrontan los responsables del desarrollo de proyectos de cogeneración y trigeneración en torno al acceso a la red eléctrica mexicana, se recomienda racionalizar el proceso completo de solicitud y aprobación. Actualmente, la decisión sobre el modo de proceder en una solicitud de conexión a la red depende totalmente del operador de la red nacional, la CFE, por lo que los responsables del desarrollo de estos proyectos afrontan una gran incertidumbre respecto de la aprobación y los costos de los mismos [CRE 2012b⁷³]. Una solución podría ser involucrar en el proceso de aprobación de *solicitudes* a la Comisión Reguladora de Energía (CRE), al menos en casos controvertidos en los que la aprobación haya sido denegada.

En este contexto es preciso entender que la posibilidad de acceder a la red eléctrica es crucial en la mayoría de los proyectos, incluso en los que la mayor parte de la electricidad generada se utilice para el autoabastecimiento. Ofrecer al operador la posibilidad de (1) inyectar el excedente de electricidad a la red a un precio aceptable, o (2) compensar las cantidades de electricidad

⁷³ CRE, entrevista con Carolina Quiroz Juárez, 15 de noviembre de 2012

inyectadas a la red y obtenidas de la misma, le permite adaptar el diseño del proyecto de acuerdo a las necesidades locales de calor y/o frío o la demanda anual local de electricidad sin comprometer la viabilidad económica y financiera del proyecto con instalaciones adicionales de almacenamiento de energía.

Apoyo financiero

Además de ofrecer a los operadores de cogeneración y trigeneración la posibilidad de vender electricidad a la red en un esquema favorable del mercado de la electricidad, el gobierno podría apoyar el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México a través de incentivos financieros, contrarrestando así los obstáculos existentes para impulsar el mercado. Esta medida presupone que existan beneficios claramente aprovechables para el país en su conjunto (p. ej., seguridad de abastecimiento energético, como en el caso del Reino Unido y Alemania).

Debido a que en México la motivación principal para promover la micro y pequeña cogeneración y trigeneración parecen ser los objetivos de protección del clima y eficiencia energética, más que la seguridad de abastecimiento, es de esperar que las medidas de apoyo financiero estén menos influenciadas por consideraciones relativas a la seguridad de abastecimiento. No obstante, podría ser altamente beneficioso proponer un **apoyo limitado (temporalmente) a las inversiones financieras** para la micro y pequeña cogeneración y trigeneración a fin de incrementar el volumen global de mercado para la tecnología de cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas y la correspondiente experiencia operacional en México. El apoyo podría incluir la provisión de una subvención fija (p. ej., una cantidad fija o porcentaje de la inversión según la potencia instalada), un amparo fiscal o préstamos. Una medida de apoyo de estas características abordaría directamente uno de los principales obstáculos para las unidades de micro y pequeña cogeneración y trigeneración, en concreto los costos específicos de inversión relativamente altos debidos al volumen global de mercado relativamente bajo para estas tecnologías. Al contrario que en las tarifas reguladas, los costos del apoyo a través de subvenciones temporales a la inversión pueden calcularse con antelación, especialmente estableciendo un tope máximo para el apoyo financiero total. Por otro lado, en medidas de apoyo similares es más difícil asegurar el impulso a nuevas inversiones que cuando se ofrecen ganancias extraordinarias para los inversores, hecho que puede limitar el impacto de este tipo de medidas. En cualquier caso, un programa de subvenciones a la inversión para plantas de cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas podría poner en marcha cierto número de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración. Habría que hacer un seguimiento y evaluación del éxito de esta medida y, si los resultados son convincentes, se podrían realizar ajustes ulteriores o incluso ampliar las medidas de apoyo.

7.1.2 Desarrollo de capacidades y concienciación

Además de brindar apoyo político, es necesario promover adicionalmente la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México mediante la educación de las diferentes partes interesadas pertinentes y la concienciación pública. La asociación COGENERA, fundada por iniciativa de la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, es un actor muy adecuado para este propósito (tanto para el desarrollo de capacidades dentro de la organización como para la concienciación pública), pues reúne a numerosas partes interesadas importantes. El programa de desarrollo de capacidades y concienciación debería abordar los temas e incluir a las partes interesadas expuestos en la **Tabla II - 9**.

Tabla II - 9: Temas y partes interesadas recomendados para la educación en torno a la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México

Tema	Partes interesadas
- beneficios (económicos)	- clientes (potenciales) en diferentes sectores (p. ej., hoteles, hospitales, edificios públicos, determinadas industrias), bancos
- marco normativo:	- clientes (potenciales) en diferentes sectores, responsables del desarrollo de proyectos, bancos
- financiación de proyectos	- responsables del desarrollo de proyectos, clientes, bancos
- ejemplos de buenas prácticas	- todos

Para comprender mejor los principales obstáculos que plantea el desarrollo de la micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México se recomienda que la GIZ acompañe a diferentes partes interesadas (p. ej., participantes de COGENERA) durante el proceso de realización de proyectos de micro y pequeña cogeneración y trigeneración. Esto también podría hacerse implementando proyectos piloto en sectores de clientes nuevos o menos cubiertos actualmente (p. ej., hospitales). La experiencia en estos proyectos piloto podría aprovecharse para optimizar los programas de educación dirigidos a las partes interesadas pertinentes y para abogar en favor de políticas nacionales de apoyo a la cogeneración/calefacción y refrigeración urbanas en México.

BIBLIOGRAFIA

- AGE 2010 Agencia Andaluza de Energía; La cogeneración en Andalucía. Situación actual y potencial de desarrollo; IDAE, 2010
EPA, Roadmap-CHP, available at: <http://www.energy.ca.gov/>, 2007
- ANU 2011 Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011, INEGI; http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2011/Aepef2011.pdf; ultimo acceso febrero 2013
- COG 2010 Cogeneración de energía eléctrica en Petróleos Mexicanos, Octubre de 2010; <http://micrositio.cre.gob.mx/fororenovables/documentos/presentaciones/d3/03/01.pdf> ; último acceso 26 de febrero de 2013
- COGE 2011 Cogeneration Case Studies Handbook, CODE Project, 2011; http://www.code-project.eu/wp-content/uploads/2011/04/CODE_CS_Handbook_Final.pdf; ultimo acceso 26 de febrero 2013
- DIR 2004 Directive 2004/8/ec of the european parliament and of the council; 11 February 2004; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:052:0050:0050:EN:PDF>; ultimo acceso 26 de febrero 2013
- EST 2010 Estudio sobre cogeneración en el sector industrial en México; SENER, CONUEE, CRE, GIZ, 2010. <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7174/4/EstudioCogeneracion.pdf>, último acceso 26 de febrero 2013
- ESTA 2011 Estadísticas más recientes de la actividad del sector turismo, SECTUR, 2011; http://datatur.sectur.gob.mx/work/docs/5_reporte_semana/sem202011.pdf; ultimo acceso 26 febrero 2013
- ESTU 2009 Estudio de viabilidad de un sistema de cogeneración en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Tech 4 CDM; CONUEE, Cogen España, IDAE, UE, 2009
- ESTUD 2009 Estudio de viabilidad de un sistema de cogeneración en el hotel Meliá (Ciudad de México), Tech 4 CDM; CONUEE, Cogen España, IDAE, UE, 2009
- GÜN 2006 Günter R. Simader, Robert Krawinkler, Georg Trnka; Micro CHP systems:state-of-the-art; European Commission, Federal Ministry of Economics and Labour; <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CDIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.buildup.eu%2>

- Fsystem%2Ffiles%2Fcontent%2FD8%2520Report%2520-%2520Micro%2520CHP%2520state%2520of%2520the%2520art_FINAL_JB.pdf&ei=xJYvUdLZPOfZ2QWep4GYDQ&usg=AFQjCNGO4cUcqr7JinX6TnfmivFBznPAnA; ultimo acceso 26 de febrero de 2013
- INF 2013 Información sobre hospitales públicos y privados en México: SS (http://portal.salud.gob.mx/contenidos/hospitales/inicio_hosp.html y <http://www.ccinshae.salud.gob.mx/2012/lineas.html>), IMSS (<http://www.imss.gob.mx/directorio/Pages/Instalaciones.aspx>), ISSSTE (<http://www.issste.gob.mx/issste/anuarios/>) y Privados (<http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabtema.aspx?s=est&c=28915>), 2013; ultimo acceso 26 febrero 2013
- JEN 2005 Jens Overgaard, Paul Woods, Oliver Riley; Large or small-scale CHP/DH – a comparison; News from DBDH, 2005; <https://www.stateofgreen.com/Cache/45/458919e4-dab0-4499-844d-acb0c6763a76.pdf>; ultimo acceso 26 de febrero de 2013
- MAR 2004 Martin Pehnt, Barbara Praetorius, Katja Schumacher, Corinna Fischer, Lambert Schneider, Martin Cames, Jan-Peter; Micro CHP – a sustainable innovation?, 2004; http://www.tips-project.org/DOWNLOAD/Graz_Innovation_Micro_CHP.pdf; ultimo acceso febrero 2013
- PRO 2012 Prospectiva del sector eléctrico 2012 – 2016; SENER; http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf; último acceso 26 de febrero de 2013
- RES 2010 Resolución núm. Res/054/2010; resolución por la que la comisión reguladora de energía expide el modelo de contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en mediana escala, y sustituye el modelo de contrato de interconexión para fuente de energía solar en pequeña escala por el modelo de contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala; http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5137984&fecha=08/04/2010; ultimo acceso 26 de febrero 2013
- REV 2011 Revista Real Estate Markets & lifestyle, 2011; http://www.realestatemarket.com.mx/inicio.cfm?pagina=contenidos_detalle&menu_id=79&submenu_id=143&subsubmenu_id=646&idioma_id=1&tipo_contenido_id=2&contenido_id=8852&CFID=89507191&CFTOKEN=81275758; ultimo acceso febrero 2013
- SLO 2006 Slowe J; Micro-chp: global industry status and commercial prospects, 23rd World Gas Conference, Amsterdam 2006; http://www.localpower.org/documents/reporto_dee_microchp.pdf; ultimo acceso 26 de febrero de 2013
- ASU 2012 ASUE, Das KWK-Gesetz 2012,

- http://asue.de/cms/upload/inhalte/aktuelles_presse/broschuere/pm_20120615_kwk_gesetz.pdf, last access on 15th December 2012
- Buc 2012 Bucholz, D., Verfügbarkeit Infrastruktur: Speicherfähigkeit als Schlüssel, http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/2012/Vortraege_Biomethan_Joker/3_Buchholz.pdf 2012, last access: 5th December 2012
- Cal 2012 California Energy Commission, California – Natural Gas Pipelines, http://www.energy.ca.gov/maps/infrastructure/natural_gas.html, last access on 6th of December 2012
- Cal 2013 California Energy Commission, Electric Generation Capacity and & Energy: 2001 – 2011, http://energyalmanac.ca.gov/electricity/electric_generation_capacity.html, last access on 26th February 2013
- COD 2007 CODE, New special regime for CHP in Spain, http://www.code-project.eu/wp-content/uploads/2010/12/ES_Summary-Spanish-CHP-Decree_2007_en.pdf, 2007
- COG 2012a COGEN Europe, European Cogeneration Review - United Kingdom, <http://www.cogeneurope.eu/medialibrary/2012/11/26/fc237f88/COGEN%20Europe%20ECR%20-%20United%20Kingdom%20Preview.pdf>, last access on 15th December 2012
- COG 2012b COGEN Espana, Overview of CHP policy and market development in Spain, 2012
- CPU 2012 CPUC, Electricity and Natural Gas Regulation in California, <http://www.cpuc.ca.gov/PUC/energy/>, last access 6th of December 2012
- CRE 2012a CRE, Precio Gas Natural: Usuarios Finales, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=169>, last access: 12th of December 2012
- CRE 2012b Interview with Carolina Quiroz Juarez on 15th November 2012
- DBF 2012 DBFZ, DBFZ Report 12 - Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, <http://www.dbfz.de/web/en/publications/dbfz-reports.html>, last access on 15th December 2012
- DECC 2012a DECC, DUKES – chapter 5 electricity, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65818/5955-dukes-2012-chapter-5-electricity.pdf, last access on 15th December 2012
- DECC 2012b DECC, The Future of Heating - A strategic framework for low carbon heat in the UK, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48574/4805-future-heating-strategic-framework.pdf, last access on 15th December 2012
- DECC 2012c DECC, Quarterly Energy Prices - September 2012, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65944/5624-quarterly-energy-prices-june-2012.pdf, last access on 15th December 2012

- DECC 2012d DECC, A guide to financing energy efficiency in the public sector, <http://www.decc.gov.uk/eedo>, downloaded on 5th December 2012
- Def 2004 Department for Environment Food and Rural Affairs (defra), The Government's Strategy for Combined Heat and Power to 2010, downloaded at: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20080305115859/http://defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/energy/chp/pdf/chp-strategy.pdf> on 15th December 2012
- EIA 2012 EIA, US Energy Information Administration, <http://www.eia.gov/electricity/annual/> last access: February 2012
- Ene 2012 Energiesparen.info, http://www.wie-energiesparen.info/news/strompreis-2013-drei-umlagen-stehen-fest/#Die_KWK-Umlage_2013, last access: 5th December 2012
- EPA 2007 EPA, Distributed Generation and cogeneration policy roadmap for California, <http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-500-2007-021/CEC-500-2007-021.PDF>, last access 6th December 2012
- EPA 2009 EPA, CHP Support at the State Level, http://www.epa.gov/chp/documents/state_level_support.pdf, last access 6th December 2012
- EPA 2012 EPA, Combined Heat and Power Partnership, <http://www.epa.gov/chp/>, last access 6th December 2012
- Lab 2011 Labandeira, Energy Demand for Heating in Spain, <http://www.eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WP06-2011.pdf>, last access on 5th of December 2012
- LGiU 2012c LGiU: *A guide to financing energy efficiency in the public sector*, <http://www.decc.gov.uk/eedo>, acceso comprobado el 5 de diciembre de 2012
- NRW 2011 NRW Energieagentur, development of electricity prices in Germany, 2011
- Par 2013 Parliament, Energy price rises and fuel poverty, <http://www.parliament.uk/business/publications/research/key-issues-for-the-new-parliament/green-growth/energy-price-rises/>, last access: 26th February 2013
- Pro 2011 Prognos & BEA, Endbericht - Zwischenüberprüfung zum Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung, unpublished, 2011
- Pym 2012 Pymesyaautonomous, <http://www.pymesyaautonomos.com/administracion-finanzas/el-precio-de-la-electricidad-un-lastre-para-la-competitividad-de-las-empresas>, last access on 5th of December 2012
- REE 2011 REE, El sistema eléctrico español – síntesis, http://www.ree.es/sistema_electrico/pdf/infosis/sintesis_REE_2011_v4.pdf, last access on 5th of December 2012
- Ren 2012 Renewable Energies Agency, German Renewable Energies Agency Information Platform, <http://www.unendlich-viel-energie.de/en/homepage.html>, last access 4th of December 2012

- Ron 2005 Mc Ronald, Modelling the UK Gas Transmission Network, 2005
- Sec 2010 Secretaria de Energia, Prospectiva del Sector Electrico 2010 – 2025,
http://www.sener.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf, downloaded:
13th February 2012
- Sec 2012 Secretaría de Energía with data from Comisión Federal de Electricidad,
<http://www.sener.gob.mx/res/476/Average%20Price.pdf>, last access: 12th of
December 2012
- Sed 2012 Sedigas, Red española de Gasoductos,
<http://www1.sedigas.es/informeannual/2007/GasoductosGasEspana.htm>, last
access 5th of December 2012
- Spa 2012 Spanish-Web, <http://www.spanish-web.com/climate/>, last acces 5th of
December 2012
- Wik 2012a Wikipedia, Climate of the United Kingdom,
http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_the_United_Kingdom, last access on t
27th November 2012
- Wik 2012b Wikipedia, Climate of California,
http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_California, last access 6th of
December 2012
- Wik 2012c Wikipedia, Deutschland - Klima,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Deutschland#Klima>, last access 4th December
2012
- Wik 2012d Wikipedia, Climate of Spain, http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_Spain,
last access on 5th of December 2012
- WWF 2008 WWF, Closing the energy gap – Summary paper,
http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/energy_gap_summary.pdf, last access
on 15th December 2012

Anexo I - 1: Cuestionarios Proveedores-Desarrolladores, Usuarios, Proveedores de Equipos y Proyectos de Cogeneración en Pequeña Escala

Con objeto de analizar cuál ha sido la evolución del mercado de la cogeneración en pequeña escala en México, se procedió a identificar a los diferentes actores, los cuales se agruparon de la forma siguiente:

- Proveedores de equipos: Se refiere a los distribuidores de equipos que existen en México.
- Desarrolladores: Incluye a aquellas firmas de ingeniería que llevan a cabo el diseño y/o implementación de proyectos de cogeneración en pequeña escala.
- Usuarios: En este rubro se identificó a aquellos usuarios que cuentan con centrales de cogeneración en pequeña escala, en los distintos sectores.
- Proveedores de Combustible: Se identificaron las principales empresas suministradoras de gas.

En todos los casos, el objetivo del cuestionario es conocer su punto de vista sobre la evolución del mercado, su participación, las perspectivas que ellos ven de la evolución de este mercado en México, así como las acciones que ellos consideran relevantes llevar a cabo, para detonar el mercado nacional. A continuación se muestra la clasificación de las preguntas, según los conceptos del mercado de cada uno de los actores.

Contenido de los cuestionarios a los diversos actores.

Proveedores de equipos	Desarrolladores	Usuarios
<ul style="list-style-type: none"> • Evolución del mercado. • Ventas y acciones de su empresa actuales y futuras. • Cómo ve el futuro de la pequeña cogeneración • Qué acciones propone se deben llevar a cabo 	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución del mercado • Actividades que realiza su empresa • Proyectos realizados • Cómo ve el futuro de la pequeña cogeneración • Qué acciones propone se deben llevar a cabo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cómo y porqué decidió hacer el proyecto • Experiencias en el diseño • Experiencias en la operación y el mantenimiento • Recomendaciones para la implementación de otros proyectos

Fuente: Elaboración propia.

El total de cuestionarios es de cuatro, una para cada uno de los actores indicados anteriormente, más una que abarcará a las empresas que son al mismo tiempo proveedores y desarrolladores.

A continuación se encuentran los diferentes cuestionarios.

a) Proveedores de equipos.

CUESTIONARIO PROVEEDORES QUE SUMINISTRAN EQUIPOS PARA COGENERACIÓN A PEQUEÑA ESCALA.

¡MUCHAS GRACIAS POR EL TIEMPO QUE LE DEDICA AL LLENADO DEL CUESTIONARIO!

LA INFORMACIÓN QUE SE SOLICITA ES PARA CAPACIDADES MENORES A 5 MW.

Para el llenado del cuestionario: solamente es necesario colocar el cursor y dar un clic en el campo de color azul, una vez terminada la encuesta guardar los cambios y reenviar.

A) SOBRE EL MERCADO (ACTUAL Y PASADO INMEDIATO).

1. ¿Qué tamaño de proyectos considera más factibles para llevar a cabo en México? 1 El más factible y 4 el menos factible; si considera que son similares, puede repetir el número, por ejemplo dos veces 1; si considera que no tiene potencial poner cero

<input type="text" value="1"/>	De 0 a 30 kW	<input type="text" value="1"/>	De 30 a 500 kW
<input type="text" value="1"/>	De 500 kW a 3 MW	<input type="text" value="1"/>	De 3 a 5 MW

Porqué:

2. ¿Como estima será el crecimiento del mercado de la cogeneración en pequeña escala en los próximos años en México?

Inercial Moderado Alto

3. En orden de importancia, ¿a qué atribuye sus ventas en el mercado? 1 la más importante

<input type="text" value="1"/>	Indisponibilidad de electricidad	<input type="text" value="1"/>	Costo de la energía
<input type="text" value="1"/>	Costo del combustible	<input type="text" value="1"/>	Legislación

Otros (especifique):

B) SOBRE SU EMPRESA.

4. ¿Cuántos años lleva en el mercado? años

5. ¿Cuáles son las tecnologías que comercializa su empresa en México?

Motor Turbina Celda de combustible

Otra (especifique):

6. ¿Cuáles han sido sus ventas de equipos menores a 5 MW?

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Motores	<input type="text"/>							
Turbinas	<input type="text"/>							
Celdas de combustible	<input type="text"/>							
Otros	<input type="text"/>							

7. ¿Según sus ventas de equipos de menos de 5 MW, cuáles son los sectores en el que tiene mayor impacto la cogeneración en pequeña escala? 1 la que tiene mayor factibilidad; si considera que no tiene potencial poner cero

<input type="text" value="1"/>	Industrial (mediana)	<input type="text" value="1"/>	Industrial (pequeña)	<input type="text" value="1"/>	Agro Industrial	<input type="text" value="1"/>	Servicios
<input type="text" value="1"/>	Comercial	<input type="text" value="1"/>	Residencial	<input type="text" value="1"/>	Hoteles	<input type="text" value="1"/>	Hospitales

Otro (especifique):

8. ¿Cuáles de los siguientes servicios proporciona su empresa?

Venta de equipo Mantenimiento
 Financiamiento Servicio post venta

Otros (especifique):

9. ¿Tiene su empresa programado hacer más inversiones para venta de equipos en México de capacidades menores a 5 MW en los próximos años?

- Sí No Continuar Igual

10. ¿Tiene su empresa programado hacer más inversiones para fabricar equipos en México de capacidades menores a 5 MW en los próximos años?

- Sí No Continuar Igual

C) SOBRE EL FUTURO DE LA MINI Y MICRO COGENERACIÓN EN MÉXICO.

11. ¿Cree que actualmente existe en México interés en desarrollar proyectos de mini y micro cogeneración?

- Sí No Solo en algunos sectores

Indique cuáles:

12. ¿Porqué existe actualmente Interés en México por desarrollar proyectos de mini y micro cogeneración?

- Falta de suministro de energía Precio de combustibles
 Legislación Precios de electricidad Financiamiento
 Otros (especificar):

13. ¿Cuáles son los sectores que considera tienen mayor potencial de cogeneración en pequeña escala? 1 la que tiene mayor potencial

- Industrial (mediana 3 a 5 MW) Comercial Agro Industrial Servicios
 Industrial (pequeña menos de 3 MW) Residencial Hoteles Hospitales
 Otro (especificar):

14. ¿Qué acciones recomienda llevar a cabo para promover la mini, micro y mediana cogeneración?

- a.
b.
c.

15. ¿Cuáles considera que son las principales barreras para el desarrollo de la mini y micro cogeneración?

- a.
b.
c.

¡MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO Y TIEMPO PARA RESPONDER ESTE CUESTIONARIO!

b) Desarrolladores.

CUESTIONARIO DESARROLLADORES DE PROYECTOS DE COGENERACIÓN A PEQUEÑA ESCALA.

¡MUCHAS GRACIAS POR EL TIEMPO QUE LE DEDICA AL LLENADO DEL CUESTIONARIO!

Para el llenado del cuestionario: solamente es necesario colocar el cursor y dar un clic en el campo de color azul, una vez terminada la encuesta guardar los cambios y reenviar.

LA INFORMACIÓN QUE SE SOLICITA ES PARA CAPACIDADES MENORES A 5 MW.

A) SOBRE EL MERCADO (ACTUAL Y PASADO INMEDIATO).

1. ¿Cuántos años lleva en el mercado? años

2. ¿Quiénes son los mejores aliados para promover proyectos?

- Los distribuidores Los desarrolladores Los mismos usuarios
 Los proveedores de combustible Las cámaras o asociaciones

Otros (especifique):

3. En orden de importancia, ¿a qué atribuye sus ventas en el mercado de la cogeneración en pequeña escala? 1 la más importante; si considera que son similares, puede repetir el número, por ejemplo dos veces 1; si considera que no tiene impacto poner cero

- Indisponibilidad de electricidad Costo de la energía
 Costo del combustible Legislación

Otros (especifique):

4. ¿Con base en su experiencia, cuáles son los sectores con mayor potencial de cogeneración en pequeña escala? 1 el que tiene el mayor potencial; si considera que son similares, puede repetir el número, por ejemplo dos veces 1; si considera que no tiene potencial poner cero

- Industrial (mediana 3 a 5 MW) Agro Industrial Servicios Hoteles
 Industrial (pequeña menos de 3 MW) Residencial Comercial Hospitales

Otro (especifique):

5. ¿Ve usted potencial de pequeña cogeneración en México, menor a 5 MW?

- Nula Poca Mucha

6. ¿Cuáles son las causas por las que los proyectos no se realizan? 1 la más importante

- Falta de financiamiento Costo del proyecto
 Tiempo de retorno de la inversión de más de 5 años Falta de combustible

Otro (especifique):

B) SOBRE SU ACTIVIDAD.

7. ¿Cuál o cuáles de los siguientes servicios proporciona su empresa?

- Ingeniería Montaje Mantenimiento
 Financiamiento Trámites Proyectos llave en mano

Otros (especifique):

8. ¿Cuáles son las tecnologías con las que diseña su empresa mini y micro cogeneración?

- Turbina Motores Celdas de combustible

Otra (especifique):

9. ¿Cuántos estudios y proyectos han realizado en los últimos años?

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Estudios								
Proyectos realizados								
En proceso de construcción								

En qué sectores:

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Industria Mediana								
Industria pequeña								
Agro Industrial								
Servicios								
Comercial								
Residencial								
Hoteles								
Hospitales								

10. ¿Cuántos proyectos ha realizado en los siguientes rangos?

De 0 a 30 kW De 30 a 500 kW
 De 500 kW a 3 MW De 3 a 5 MW

11. Podría mencionar algunos proyectos en operación

Nombre del proyecto	Capacidad	Usos finales			Sector
		Electricidad	Calor	Frio	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

12. ¿Con base en qué necesidades del usuario se define la capacidad y número de las unidades?

a.
 b.
 c.

C) SOBRE EL FUTURO DE LA MINI Y MICRO COGENERACIÓN EN MÉXICO.

13. ¿Cree que actualmente existe en México interés en desarrollar proyectos de mini y micro cogeneración?

SI No Solo en algunos sectores

Indique cuáles:

14. ¿Porqué existe actualmente interés en México por desarrollar proyectos de mini y micro cogeneración?

Falta de suministro de energía Precio de combustibles Legislación
 Precios de electricidad Financiamiento

Otros (especificar):

Anexo 1 - 3: Cuestionarios Proveedores-Desarrolladores, Usuarios, Proveedores de Equipos y Proyectos de Cogeneración en Pequeña Escala

15. ¿Cuáles son los sectores que considera tienen mayor potencial de cogeneración en pequeña escala, menores a 5 MW? ¿1 la que tiene mayor potencial

<input type="checkbox"/> Industrial (mediana 3 a 5 MW)	<input type="checkbox"/> Agro Industrial	<input type="checkbox"/> Servicios	<input type="checkbox"/> Hoteles
<input type="checkbox"/> Industrial (pequeña < 3MW)	<input type="checkbox"/> Residencial	<input type="checkbox"/> Hospitales	<input type="checkbox"/> Comercial
<input type="checkbox"/> Otro (especifique):	<input type="text"/>		

16. ¿Qué acciones recomienda llevar a cabo para promover la mini, micro y mediana cogeneración?

a.

b.

c.

17. ¿Cuáles considera que son las principales barreras para el desarrollo de la mini y micro cogeneración?

a.

b.

c.

¡MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO Y TIEMPO PARA RESPONDER ESTE CUESTIONARIO!

c) Proveedores y desarrolladores.

CUESTIONARIO PROVEEDORES Y DESARROLLADORES DE PROYECTOS DE COGENERACIÓN A PEQUEÑA ESCALA

¡MUCHAS GRACIAS POR EL TIEMPO QUE LE DEDICA AL LLENADO DEL CUESTIONARIO!

Para el llenado del cuestionario: solamente es necesario colocar el cursor y dar un clic en el campo de color azul, una vez terminada la encuesta guardar los cambios y reenviar.

LA INFORMACIÓN QUE SE SOLICITA ES PARA CAPACIDADES MENORES A 5 MW.

A) SOBRE EL MERCADO (ACTUAL Y PASADO INMEDIATO).

1. ¿Cuántos años lleva en el mercado? años

2. ¿Quiénes son los mejores aliados para promover proyectos?

- Los distribuidores Los desarrolladores Los mismos usuarios
 Los proveedores de combustible Las cámaras o asociaciones

Otros (especifique):

3. En orden de importancia, ¿a qué atribuye sus ventas en el mercado de la cogeneración en pequeña escala? 1 la más importante; si considera que son similares, puede repetir el número, por ejemplo dos veces 1; si considera que no tiene impacto poner cero

- Indisponibilidad de electricidad Costo de la energía
 Costo del combustible Legislación

Otros (especifique):

4. ¿Con base en su experiencia, cuáles son los sectores con mayor potencial de cogeneración en pequeña escala? 1 el que tiene el mayor potencial; si considera que son similares, puede repetir el número, por ejemplo dos veces 1; si considera que no tiene potencial poner cero

- Industrial (mediana 3 a 5 MW) Agro Industrial Servicios Comercial
 Industrial (pequeña menos de 3 MW) Residencial Hoteles Hospitalares

Otro (especifique):

5. ¿Ve usted potencial de pequeña cogeneración en México, menor a 5 MW?

- Nula Poca Mucha

6. ¿Cuáles son las causas por las que los proyectos no se realizan? 1 la más importante

- Falta de financiamiento Costo del proyecto
 Falta de combustible Tiempo de retorno de la inversión de más de 5 años

Otro (especifique):

B) SOBRE LA VENTA DE EQUIPOS.

7. ¿Cuáles son las tecnologías que comercializa su empresa en México?

- Motor Turbina Celda de combustible

Otra (especifique):

8. ¿Cuáles han sido sus ventas de equipos menores a 5 MW?

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Motores	<input type="text"/>							
Turbinas	<input type="text"/>							
Celdas de combustible	<input type="text"/>							
Otros	<input type="text"/>							

9. ¿Tiene su empresa programado hacer más Inversiones para venta de equipos en México de capacidades menores a 5 MW en los próximos años?

Sí No Continuar Igual

10. ¿Tiene su empresa programado hacer más Inversiones para fabricar equipos en México de capacidades menores a 5 MW en los próximos años?

Sí No Continuar Igual

C) SOBRE EL DESARROLLO DE PROYECTOS.

11. ¿Cuál o cuáles de los siguientes servicios proporciona su empresa?

Ingeniería Montaje Mantenimiento
 Financiamiento Trámites Proyectos llave en mano

Otros (especifique):

12. ¿Cuáles son las tecnologías con las que diseña su empresa mini y micro cogeneración?

Motor Turbina Celda de combustible

Otra (especifique):

13. ¿Cuántos estudios y proyectos han realizado en los últimos años?

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Estudios	<input type="text"/>							
Proyectos realizados	<input type="text"/>							
En proceso de construcción	<input type="text"/>							

En qué sectores:

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Industria Mediana	<input type="text"/>							
Industria pequeña	<input type="text"/>							
Agro Industrial	<input type="text"/>							
Servicios	<input type="text"/>							
Comercial	<input type="text"/>							
Residencial	<input type="text"/>							
Hoteles	<input type="text"/>							
Hospitales	<input type="text"/>							

14. ¿Cuántos proyectos ha realizado en los siguientes rangos?

De 0 a 30 kW De 30 a 500 kW
 De 500 kW a 3 MW De 3 a 5 MW

15. Podría mencionar algunos proyectos en operación

Nombre del proyecto	Capacidad	Usos finales			Sector
		Electricidad	Calor	Frio	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

16. ¿Con base en qué necesidades del usuario se define la capacidad y número de las unidades?

a.
 b.
 c.

D) SOBRE EL FUTURO DE LA MINI Y MICRO COGENERACIÓN EN MÉXICO.

17. ¿Cree que actualmente existe en México interés en desarrollar proyectos de mini y micro cogeneración?

- Sí No Solo en algunos sectores

Indique cuáles:

18. ¿Porqué existe actualmente interés en México por desarrollar proyectos de mini y micro cogeneración?

- Falta de suministro de energía Precio de combustibles Legislación
 Precios de electricidad Financiamiento

Otros (especificar):

19. ¿Cuáles son los sectores que considera tienen mayor potencial de cogeneración en pequeña escala, menores a 5 MW? ¿La que tiene mayor potencial?

- Industrial (mediana 3 a 5 MW) Agro Industrial Hoteles Servicios
 Industrial (pequeña < 3MW) Residencial Hospitales Comercial

Otro (especifique):

20. ¿Qué acciones recomienda llevar a cabo para promover la mini, micro y mediana cogeneración?

- a.
b.
c.

21. ¿Cuáles considera que son las principales barreras para el desarrollo de la mini y micro cogeneración?

- a.
b.
c.

¡MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO Y TIEMPO PARA RESPONDER ESTE CUESTIONARIO!

d) Usuarios.

CUESTIONARIO USUARIOS CON CENTRALES DE COGENERACIÓN DE PEQUEÑA ESCALA EN OPERACIÓN

¡MUCHAS GRACIAS POR EL TIEMPO QUE LE DEDICA AL LLENADO DEL CUESTIONARIO!

Para el llenado del cuestionario: solamente es necesario colocar el cursor y dar un clic en el campo de color azul, una vez terminada la encuesta guardar los cambios y reenviar.

A) SOBRE CÓMO DECIDIÓ HACER EL PROYECTO.

1. ¿Cuáles fueron las razones por la que decidió hacer su proyecto?

- Indisponibilidad de energía eléctrica
 Porque el proyecto fue patrocinado
 Alto costo de la energía
 Cuidado al medio ambiente
 Alcanzar una mayor eficiencia
 Otros (especifique):

B) EXPERIENCIA EN EL DISEÑO.

2. ¿Cuál fue, en orden de dificultad, las actividades para el desarrollo de su proyecto? 1 la más difícil

- Suministro de combustible
 Selección de la central
 Ingeniería de detalle
 Financiamiento
 Operación
 Mantenimiento
 Trámites
 Otros (especifique):

C) SOBRE EL PROYECTO.

3. ¿A qué sector pertenece?

- Industrial (mediana 3 a 5 MW)
 Agro Industrial
 Servicios
 Comercial
 Industrial (pequeña menos de 3 MW)
 Residencial
 Hoteles
 Hospitales
 Otro (especifique):

4. ¿Qué equipo tiene para cogenerar energía?

- Motores
 Turbinas
 Celda de combustible
 Caldera
 Otro (especifique):

5. Capacidad eléctrica instalada: kW
 Producción de energía: MWh/año
 Número de unidades:

6. Capacidad térmica instalada: kWt
 Producción de energía: Toneladas de vapor por hora
 Consumo de vapor: Toneladas por año

7. ¿Qué tipo(s) de combustible utiliza? Indique el tipo y el consumo promedio mensual

- Gas: m3/mes; Diesel: litros/mes;
 Otro (especifique):

8. Si utiliza gas como combustible ¿Qué tipo(s) de contrato tiene?
 ¿Cuenta con cobertura de precio? Sí No

9. Consumos térmicos:

- Vapor
 Aire caliente
 Agua caliente
 Refrigeración
 Otro (especifique):

Para cada caso, indique los usos típicos anuales:

Vapor: [] Toneladas de vapor; Agua caliente: [] litros
Aire caliente: [] m3 Refrigeración: [] Tons. de refrigeración

Otros (especifique): []

10. En operación normal ¿Dejó de consumir electricidad de la red? Si No Por ciento: []

11. ¿Qué combustible dejó de consumir?: [] por ciento []

¿Tiene algún combustible como respaldo? Si, No; Cual: []

Capacidad del respaldo: []

D) EXPERIENCIA EN LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO.

12. ¿Usted opera la planta con su personal? Si No

13. ¿Tiene usted problemas con el mantenimiento? Si No

En caso afirmativo indique cuales: []

E) BENEFICIOS POR CONTAR CON UNA CENTRAL.

14. ¿Cual es su ahorro en energía eléctrica? Total anual en pesos [] por ciento: []

15. ¿Cual es su ahorro en otros combustibles? Indique cuales

[] : Total anual en pesos [] por ciento: []

[] : Total anual en pesos [] por ciento: []

16. ¿Consumen otros combustibles? Indique cuales

[] : Total anual en pesos [] Uso: []

[] : Total anual en pesos [] Uso: []

17. ¿Mejoró la calidad del suministro de energía? Si No No se observa

18. Número de interrupciones de electricidad al año: Antes: [] Ahora: []

19. ¿Está usted satisfecho (confiabilidad) con la operación de la central? Si No

20. Mencione algunas ventajas y desventajas de su nuevo sistema de suministro de energía

Ventajas: []

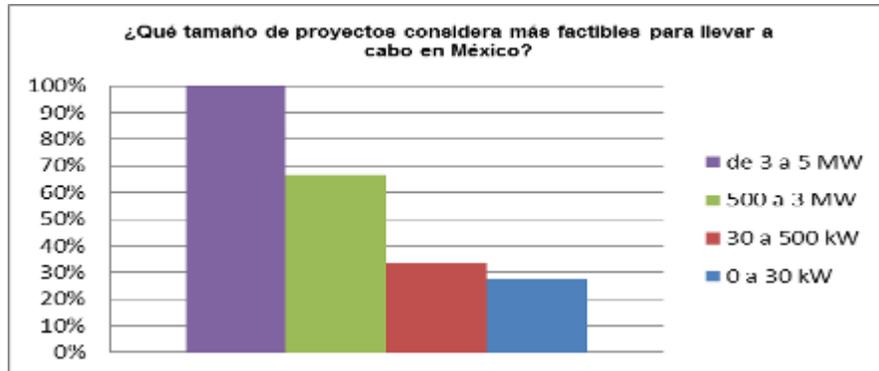
Desventajas: []

¡MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO Y TIEMPO PARA RESPONDER ESTE CUESTIONARIO!

Anexo I - 2: Análisis de resultados de los cuestionarios a los diferentes actores

a) PROVEEDORES

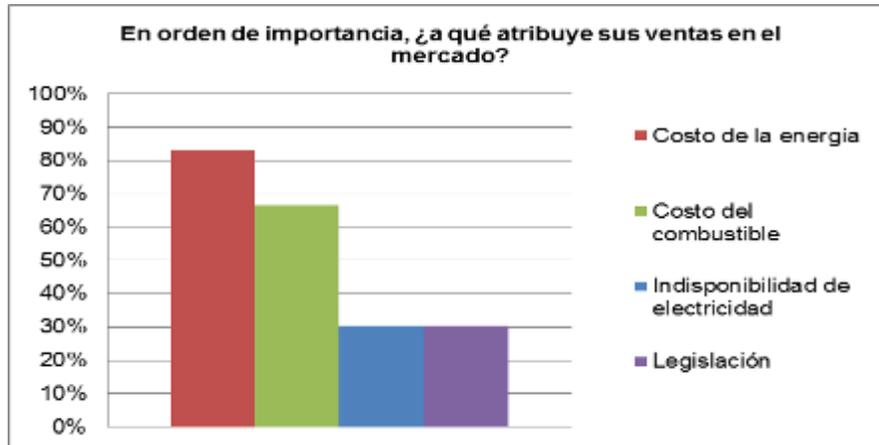
Análisis 1 Proveedores.



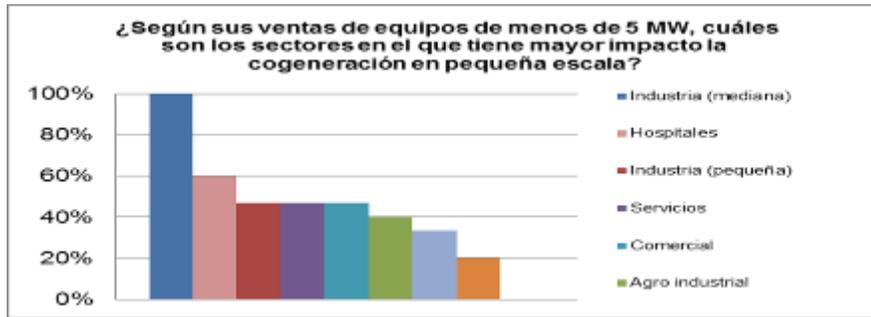
Análisis 2 Proveedores.



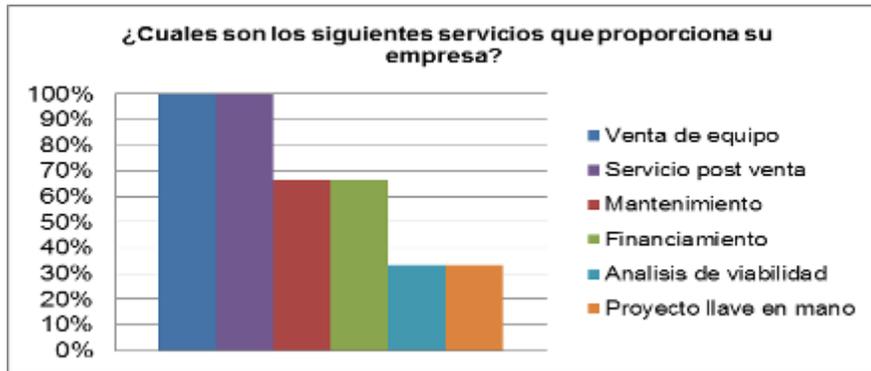
Análisis 3 Proveedores.



Análisis 4 Proveedores.



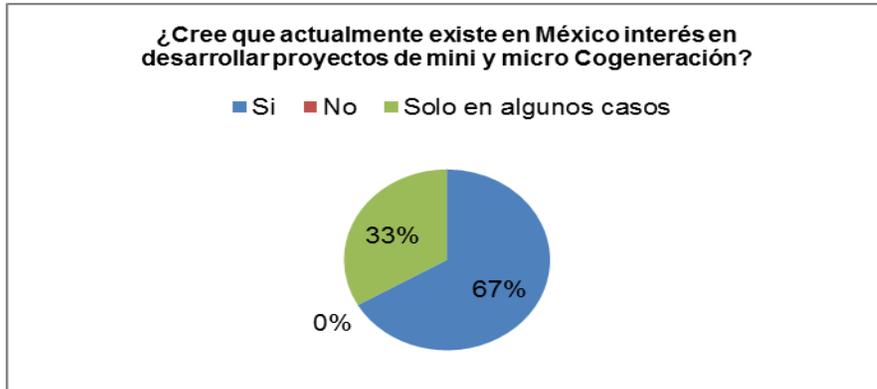
Análisis 5 Proveedores.



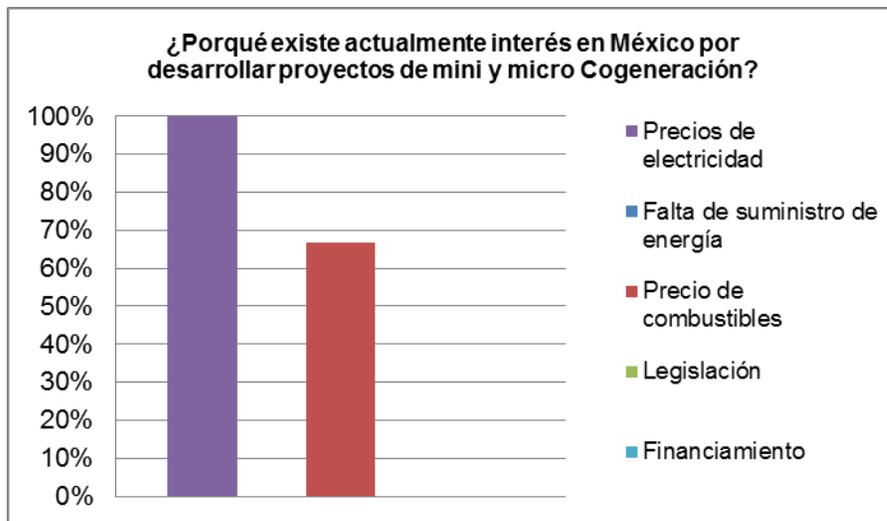
Análisis 6 Proveedores.



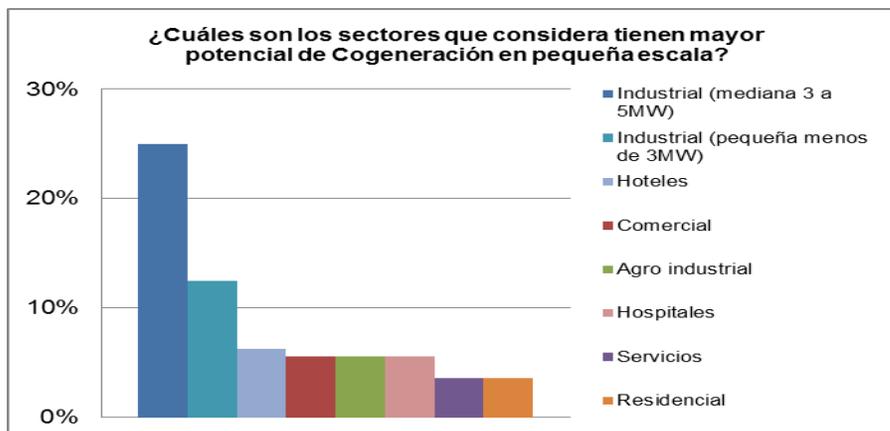
Análisis 7 Proveedores.



Análisis 8 Proveedores.

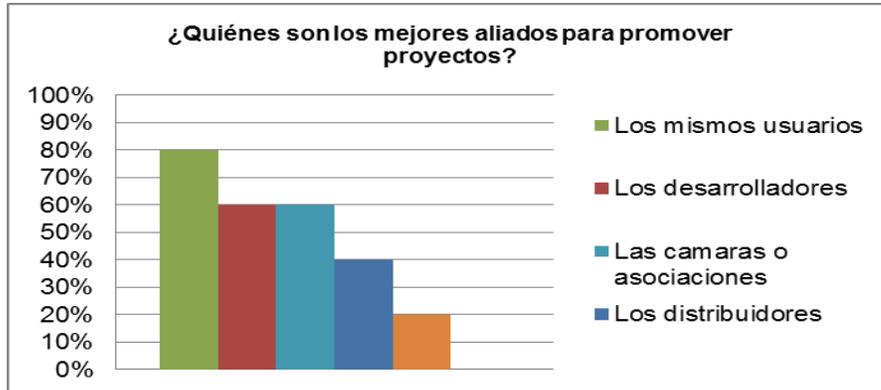


Análisis 9 Proveedores.

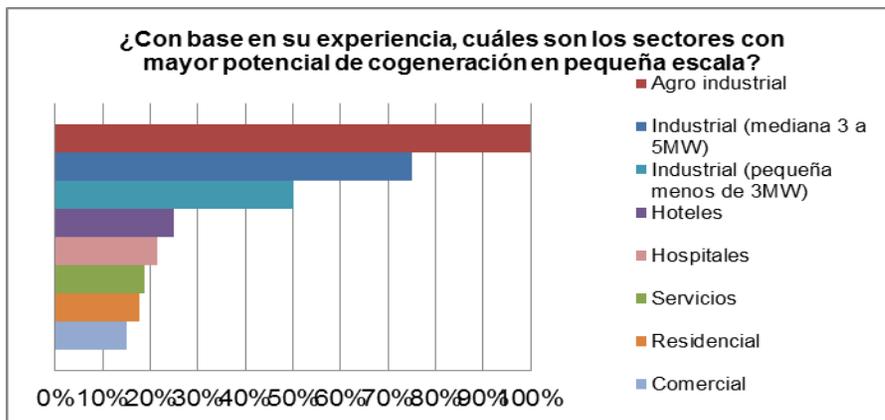


b) DESARROLLADORES.

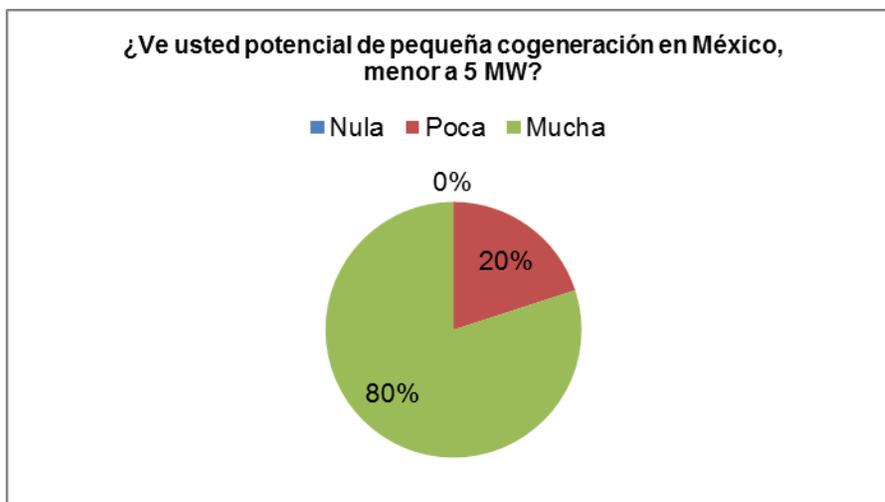
Análisis 10 Desarrolladores.



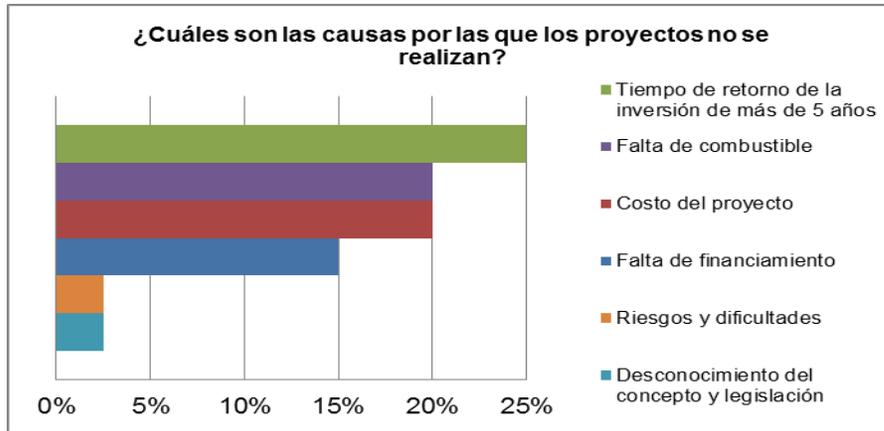
Análisis 11 Desarrolladores.



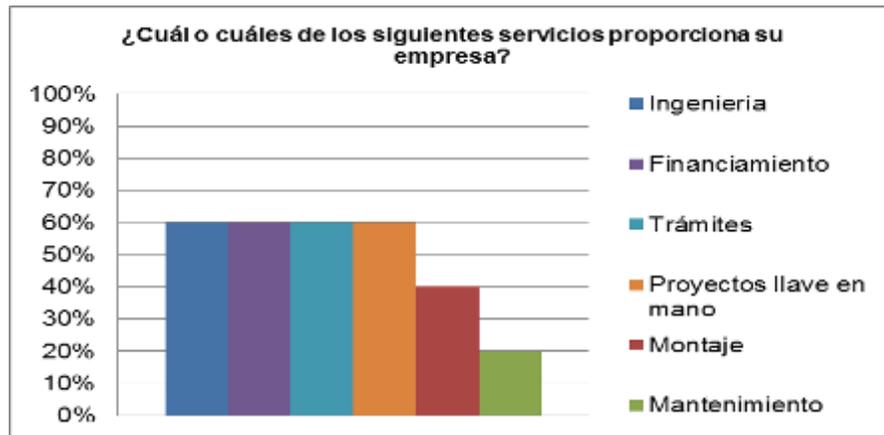
Análisis 12 Desarrolladores.



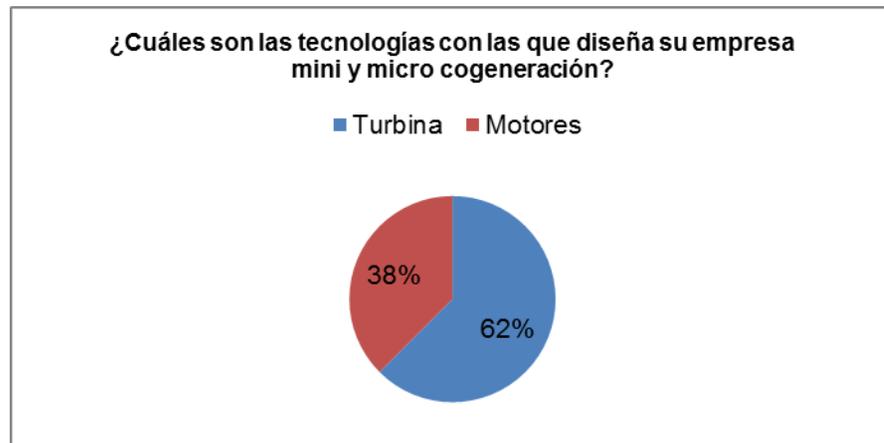
Análisis 13 Desarrolladores.



Análisis 14 Desarrolladores.



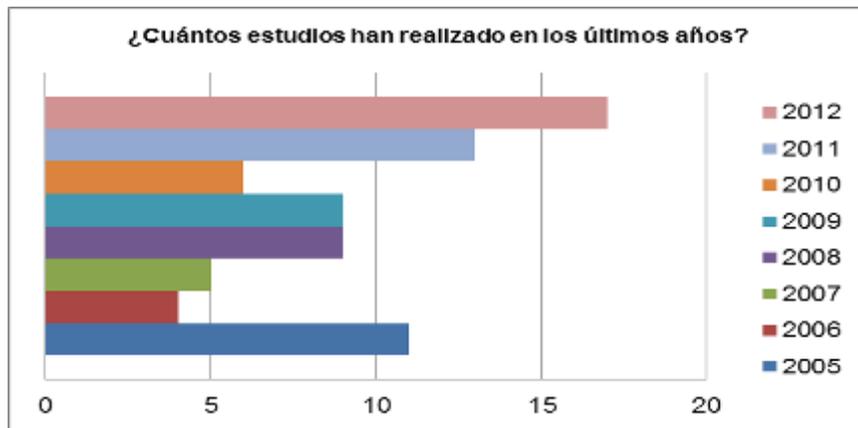
Análisis 15 Desarrolladores.



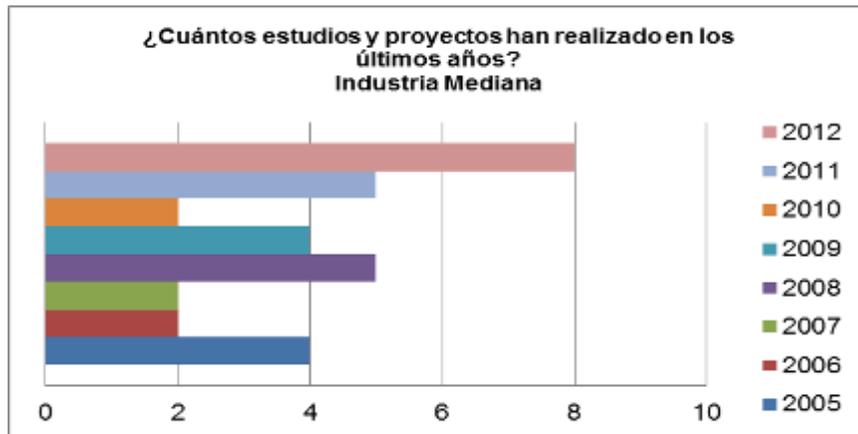
Análisis 16 Desarrolladores.



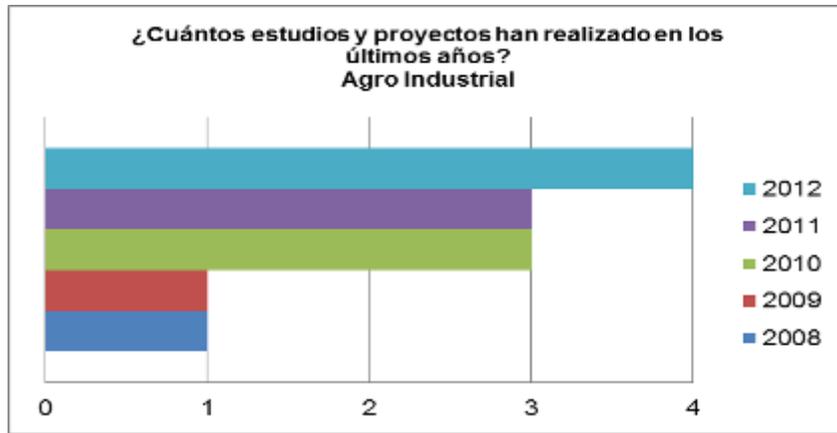
Análisis 17 Desarrolladores.



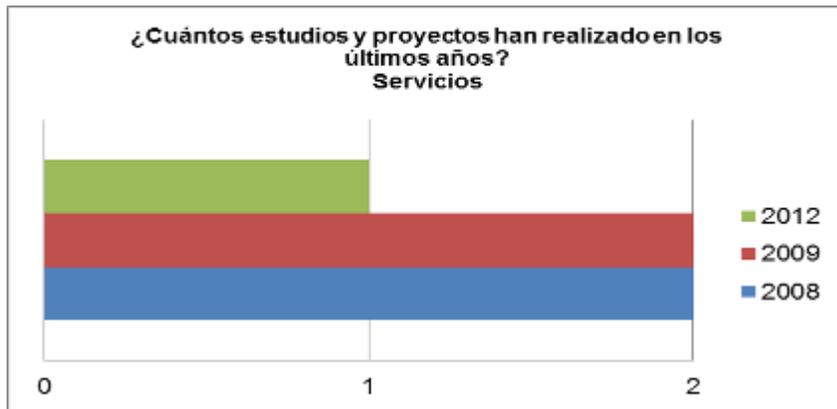
Análisis 18 Desarrolladores.



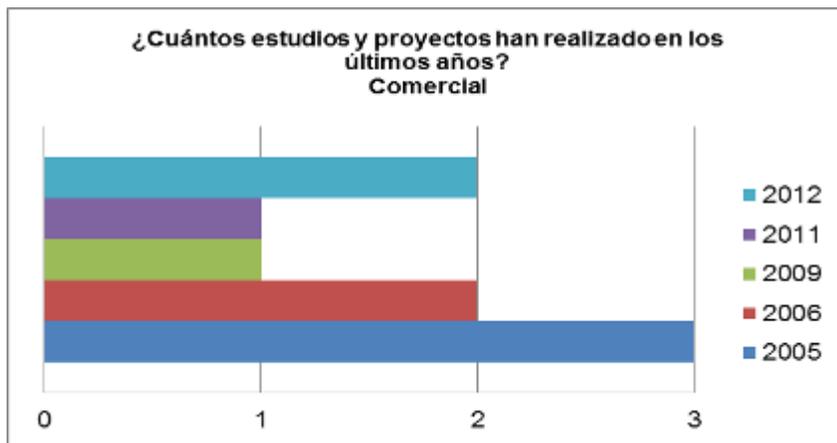
Análisis 19 Desarrolladores.



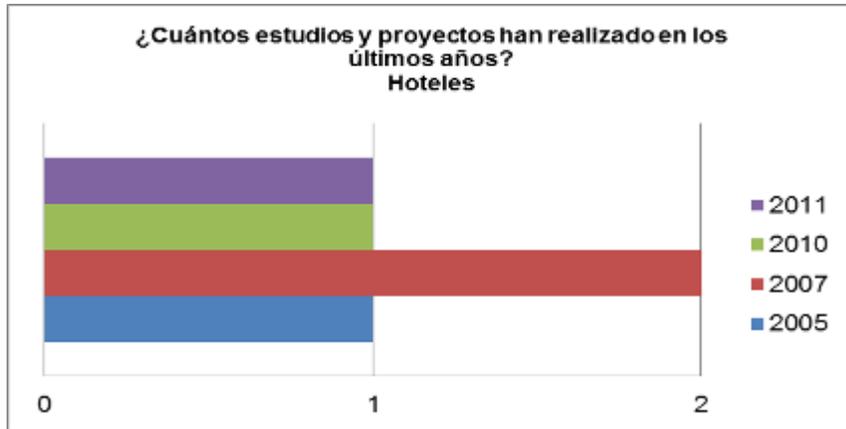
Análisis 20 Desarrolladores.



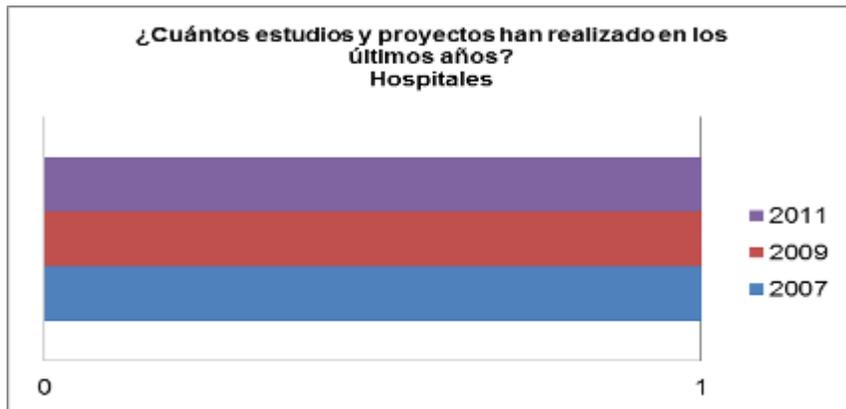
Análisis 21 Desarrolladores.



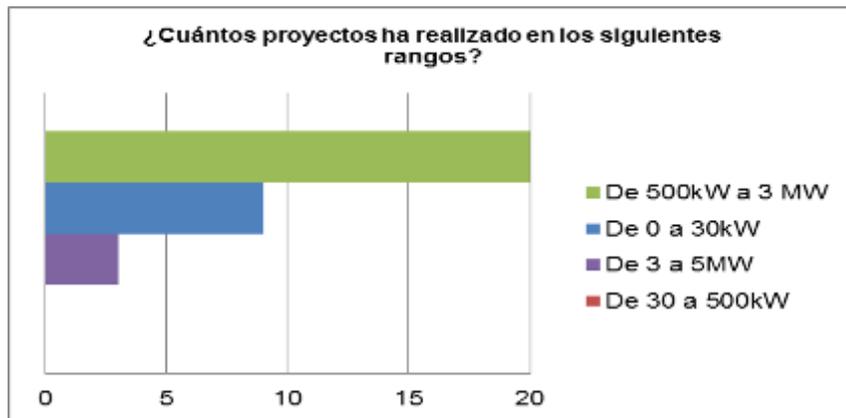
Análisis 22 Desarrolladores.



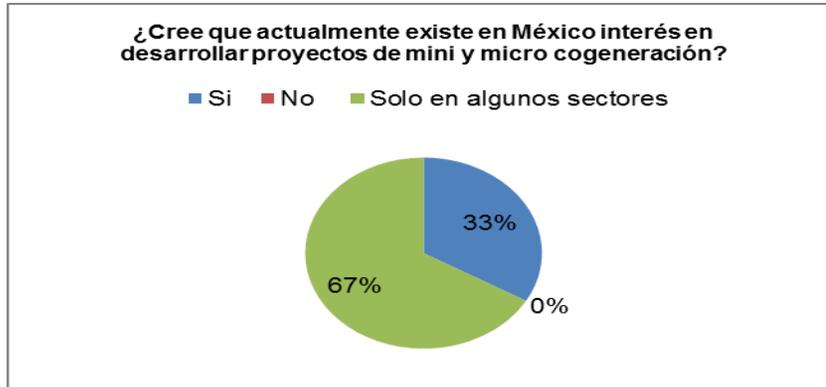
Análisis 23 Desarrolladores.



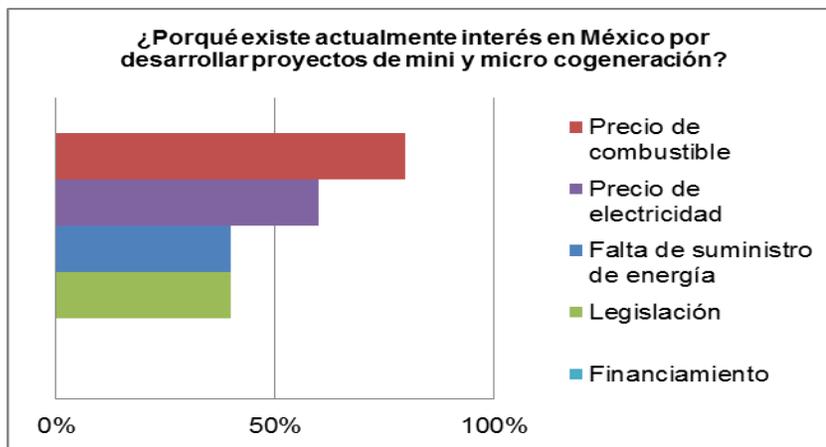
Análisis 24 Desarrolladores.



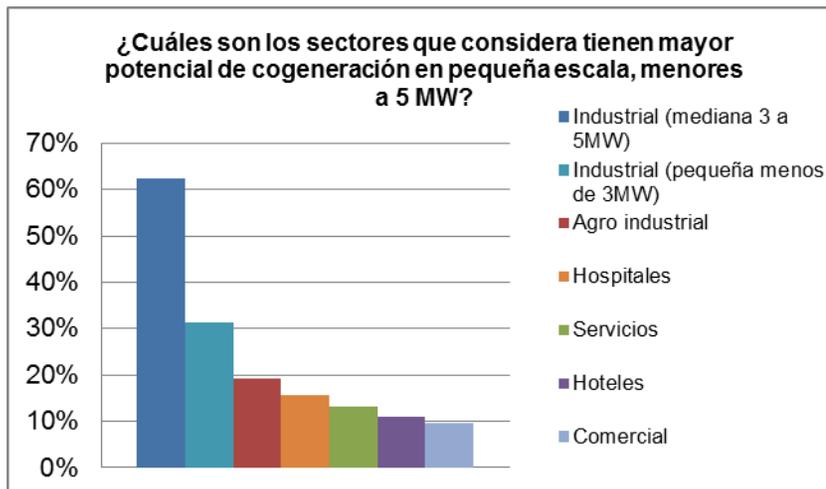
Análisis 25 Desarrolladores.



Análisis 26 Desarrolladores.

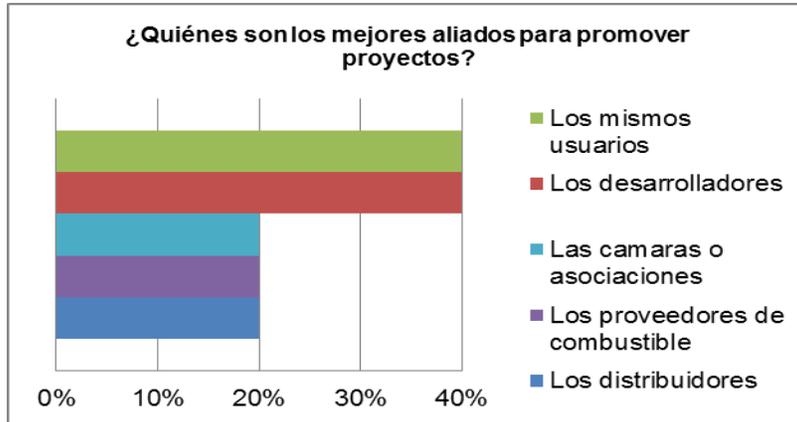


Análisis 27 Desarrolladores.

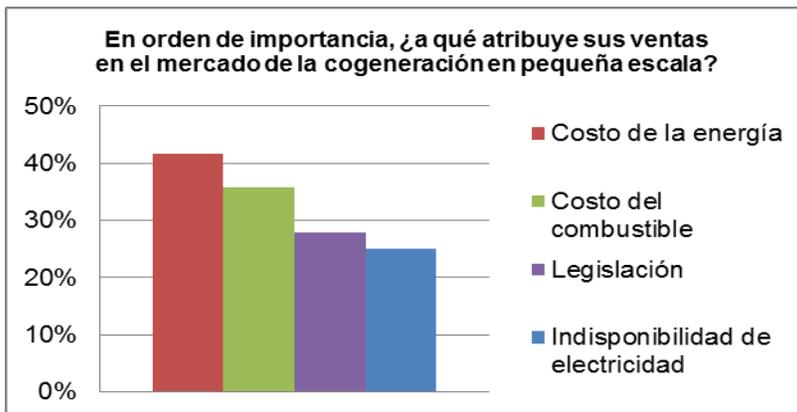


c) PROVEEDORES Y DESARROLLADORES

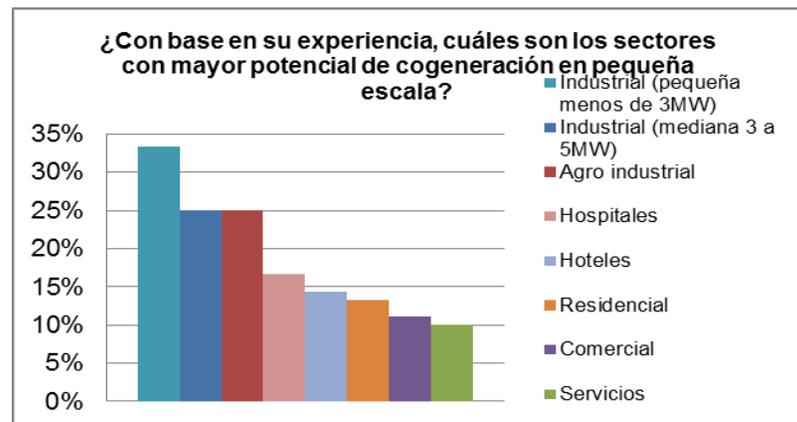
Análisis 28 Proveedores-Desarrolladores.



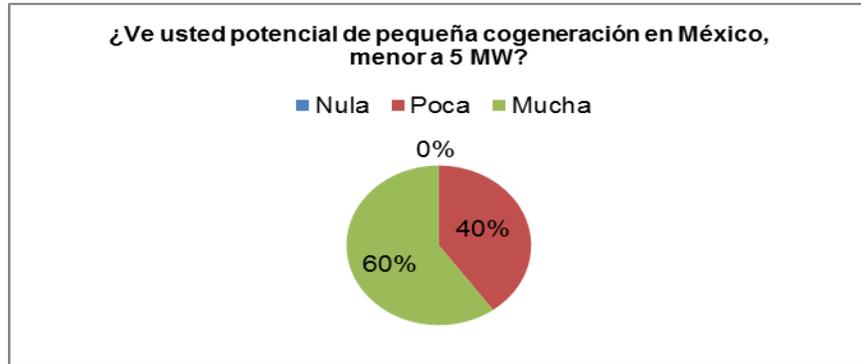
Análisis 29 Proveedores-Desarrolladores.



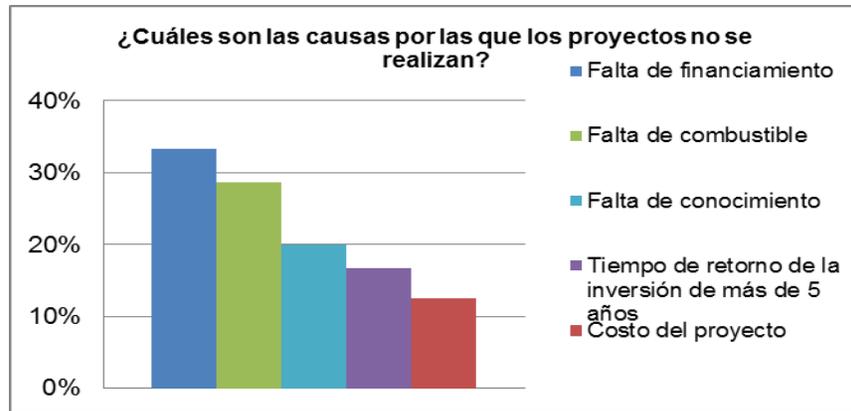
Análisis 30 Proveedores-Desarrolladores.



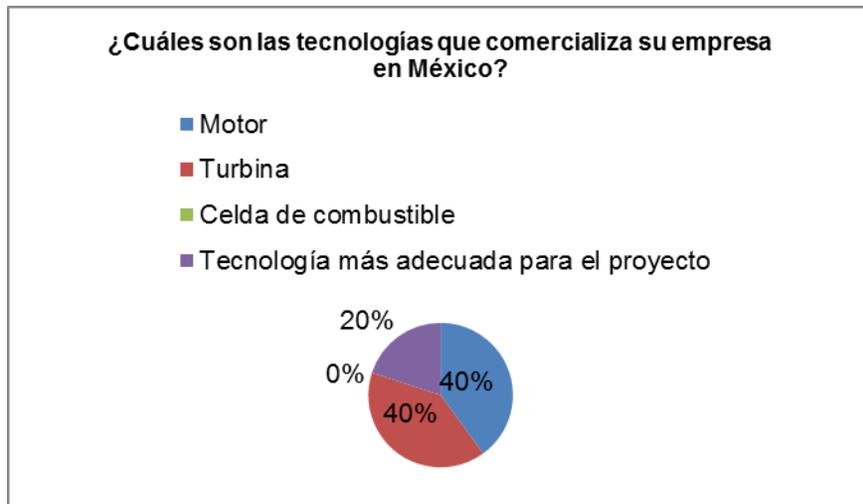
Análisis 31 Proveedores-Desarrolladores.



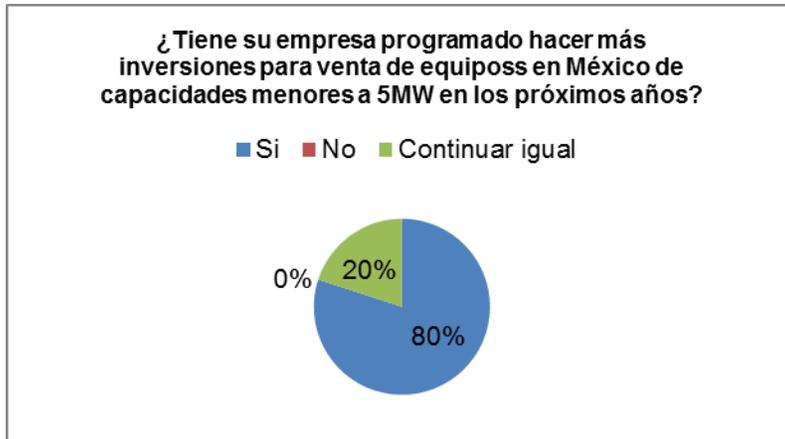
Análisis 32 Proveedores-Desarrolladores.



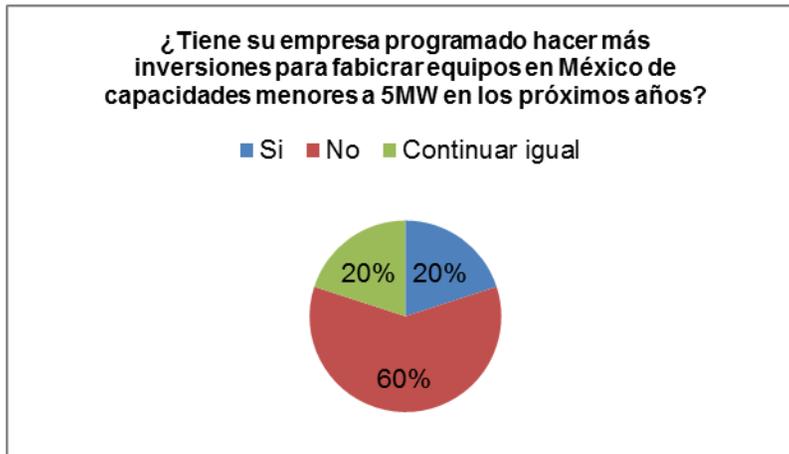
Análisis 33 Proveedores-Desarrolladores.



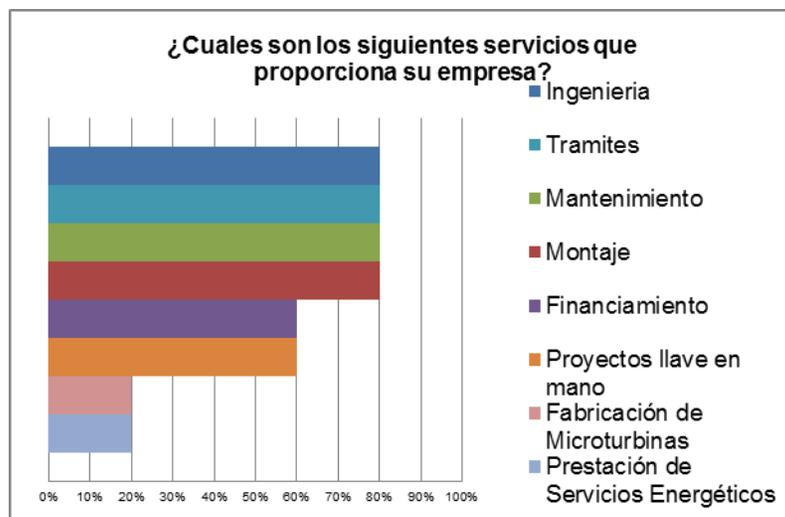
Análisis 34 Proveedores-Desarrolladores.



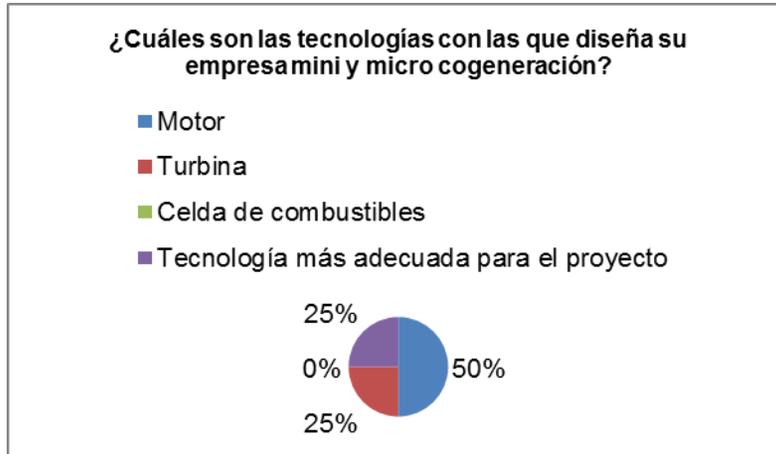
Análisis 35 Proveedores-Desarrolladores.



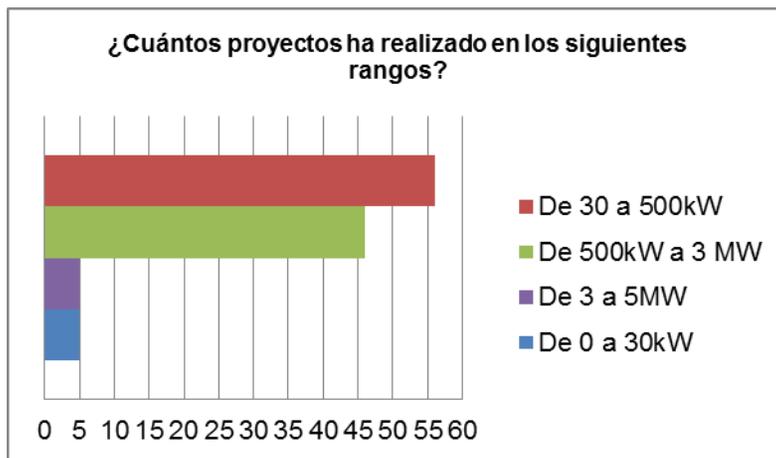
Análisis 36 Proveedores-Desarrolladores.



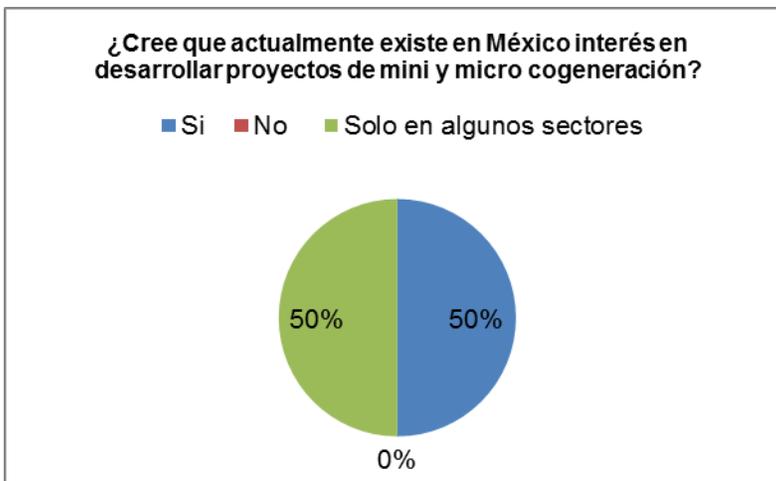
Análisis 37 Proveedores-Desarrolladores.



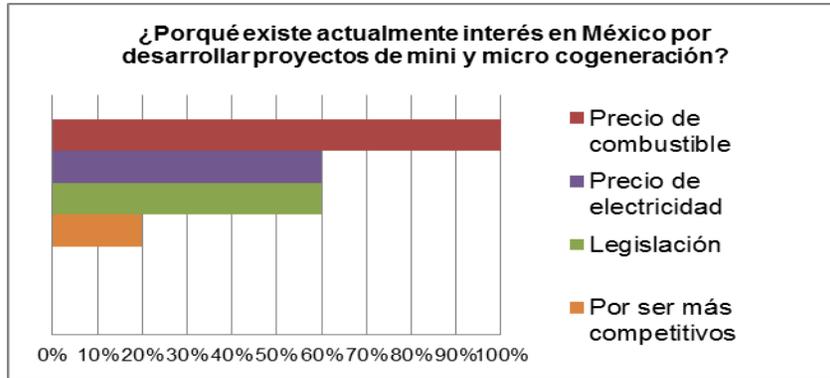
Análisis 38 Proveedores-Desarrolladores.



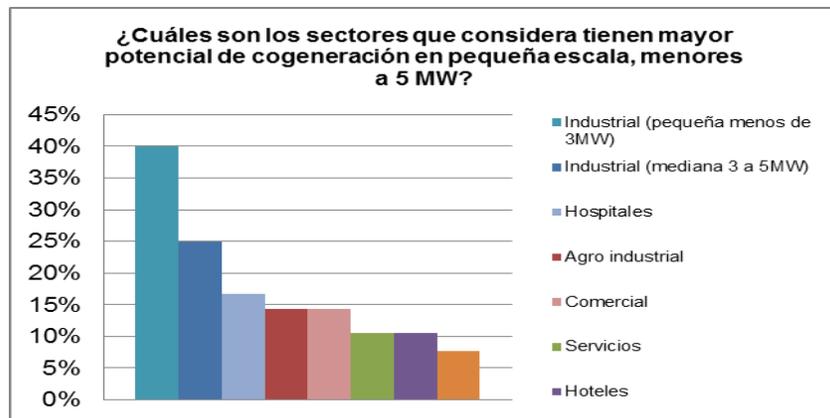
Análisis 39 Proveedores-Desarrolladores.



Análisis 40 Proveedores-Desarrolladores.

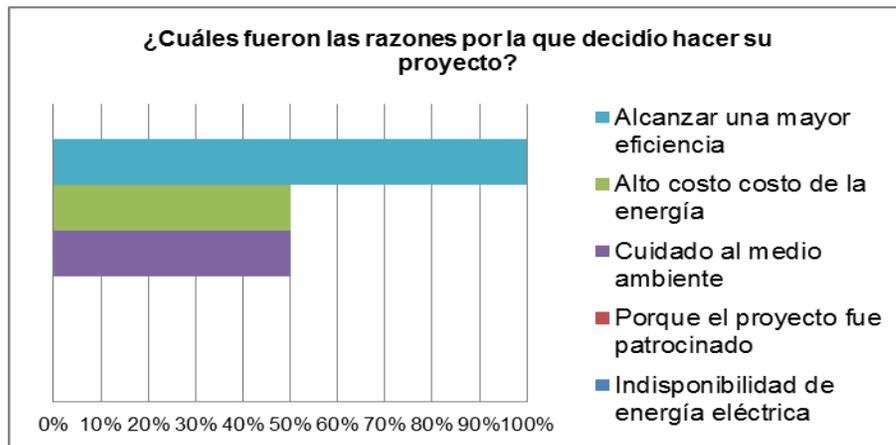


Análisis 41 Proveedores-Desarrolladores.

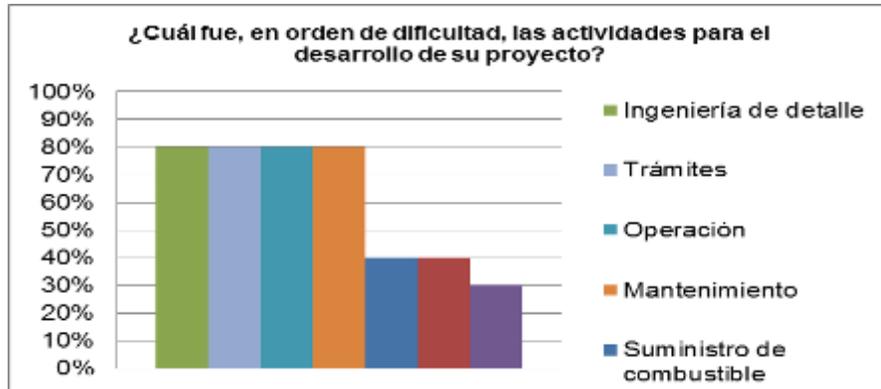


d) USUARIOS.

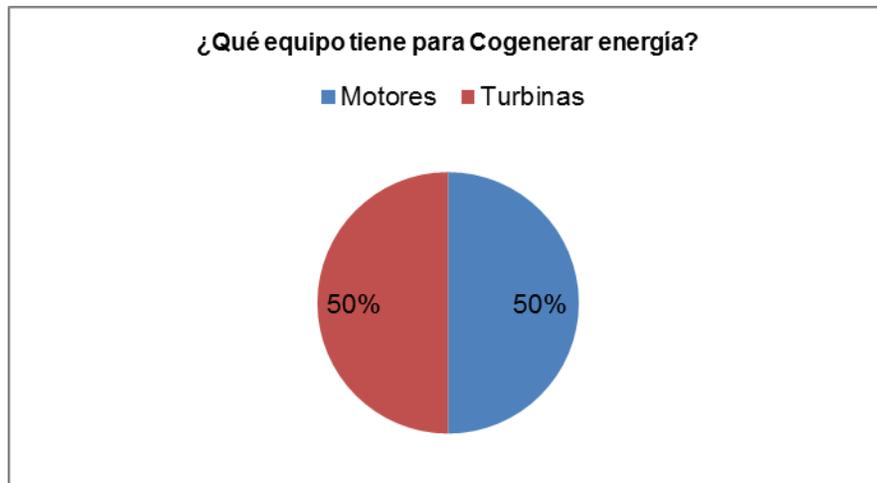
Análisis 42 Usuarios.



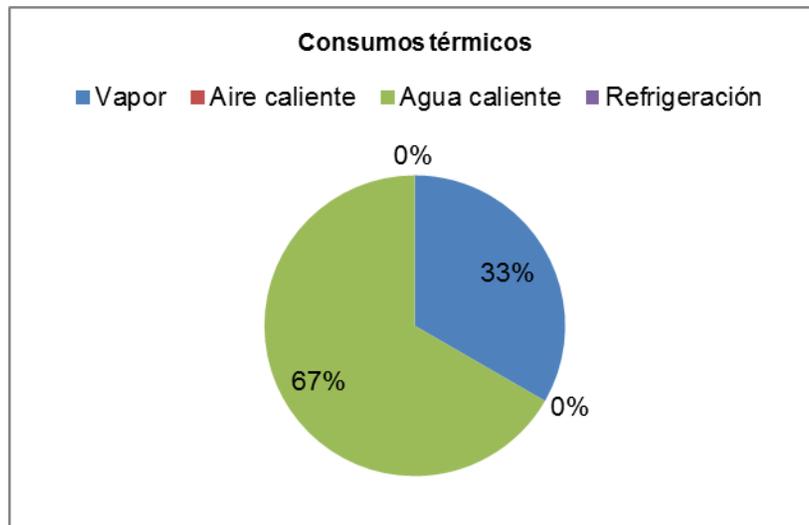
Análisis 43 Usuarios.



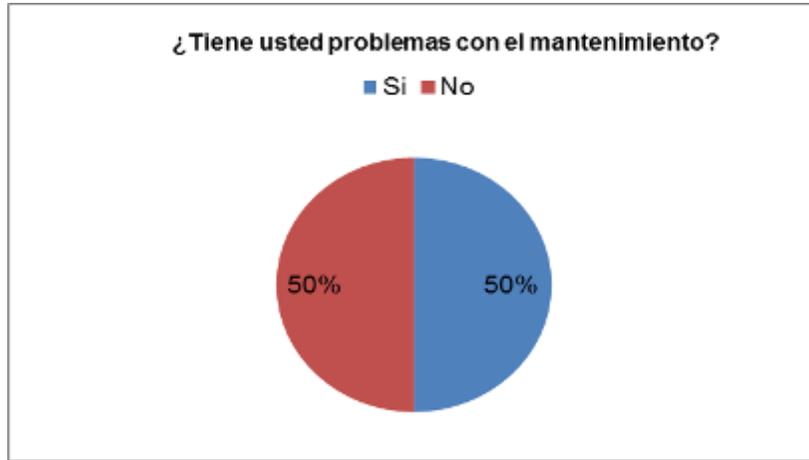
Análisis 44 Usuarios.



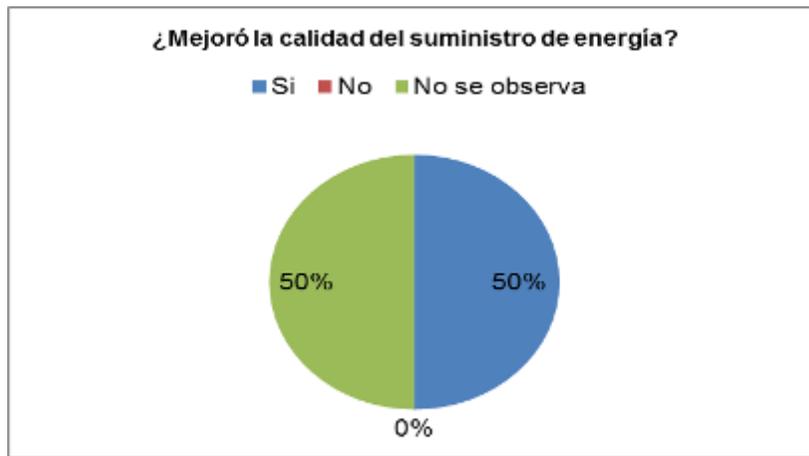
Análisis 45 Usuarios.



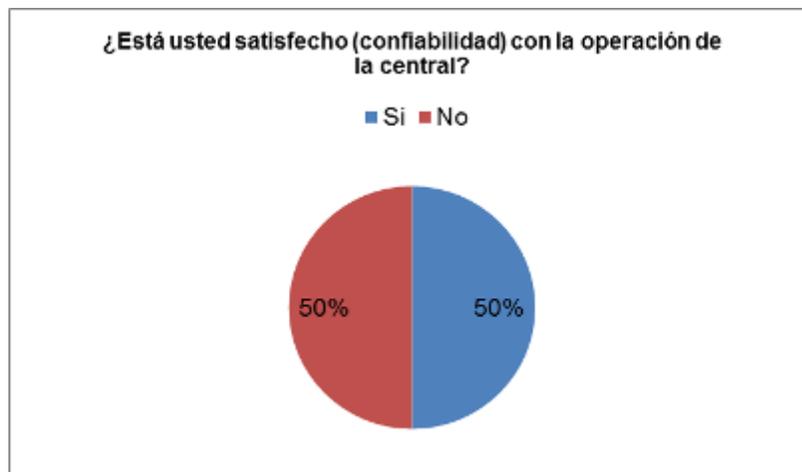
Análisis 46 Usuarios.

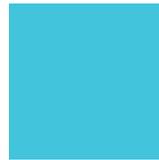
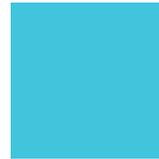
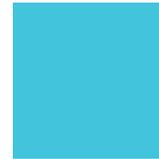
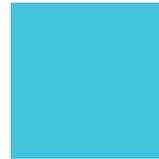


Análisis 47 Usuarios.



Análisis 48 Usuarios.





© Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Alemania
www.giz.de

- Cooperación Alemana al Desarrollo -

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. del Valle
C.P. 03100, México, D.F.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico