

CAPÍTULO 4

4. Escenarios de abasto energético en el procesamiento de gas natural en Pemex al 2016 en base a su potencial de cogeneración

Introducción

La cogeneración se define como la producción de dos o más energías a partir de una misma fuente de energía primaria, como por ejemplo eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria o ambas a partir de gas natural; la producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos productivos; o la producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos productivos. La ventaja comparativa de la cogeneración, respecto a los sistemas convencionales de generación de energía eléctrica, radica en su alta eficiencia de conversión de energía, ya que a partir de una misma fuente se puede producir de forma secuencial, electricidad y calor útil para los procesos de que se trate, lo cual se refleja en ahorro de combustible y por consiguiente, en una disminución de emisiones contaminantes.

En este capítulo se continuará con el estudio de los C.P.G's en cuanto a sus requerimientos energéticos se refiere (vapor y electricidad) y al final se hace un estudio de la potencialidad de los esquemas de cogeneración en este tipo de plantas, también haciendo una comparación con otro tipo de plantas que tiene PEMEX como son: Refinerías y CPQ (Complejos Petroquímicos).

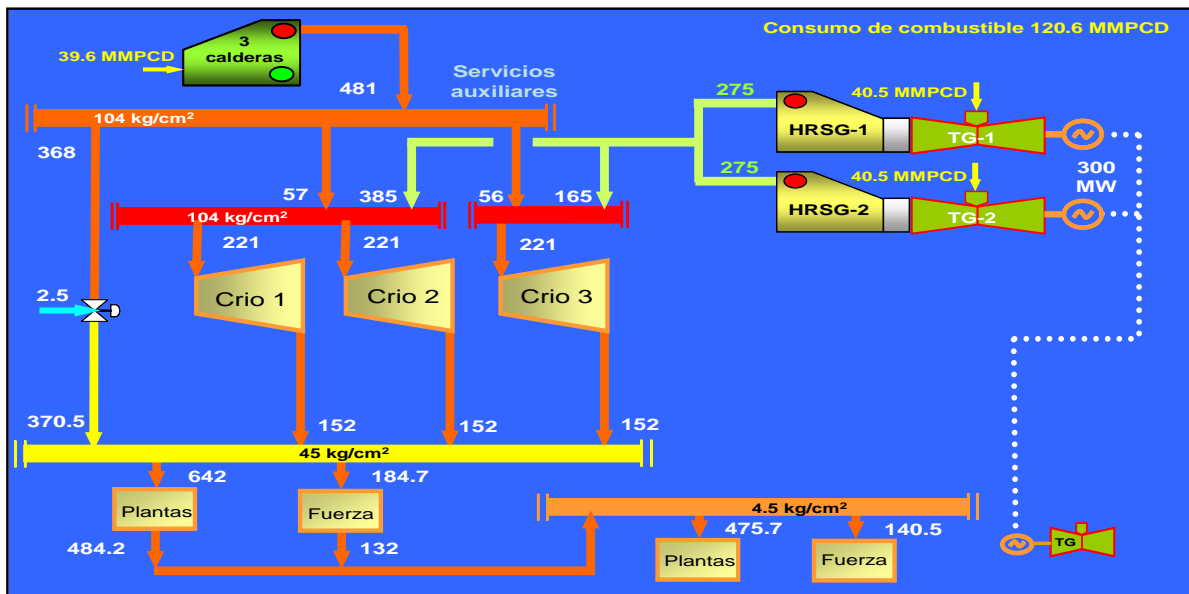
4.1. Consumo de energía térmica en complejos procesadores de gas

Para la explicación del proceso de cogeneración se hará mención de la planta de cogeneración que se va a construir en el C.PG. De Nuevo PEMEX así como sus datos históricos.

Esta planta suministra entre 300 y 335 MW para entregar a las tres plantas criogénicas del CPG Nuevo Pemex en condiciones de sitio entre 550-580 ton/h de vapor de alta presión. Además, la planta proporciona. En el caso de que la planta cuente con dos turbogeneradores, cada uno podría suministrar entre 150 y 167.5 MW al 100% de su capacidad en condiciones normales de operación. De la carga máxima (300 y 333 MW), 40 MW se consumirán en el CPG y el resto será enviado mediante porteo a otros Centros de Trabajo, instalaciones y edificios de Petróleos Mexicanos. En la Figura 4.1, se muestra esquema de la integración de la planta de cogeneración.

Figura 4.1

Esquema de integración de la planta de cogeneración



Fuente: <http://www.pemex.com>

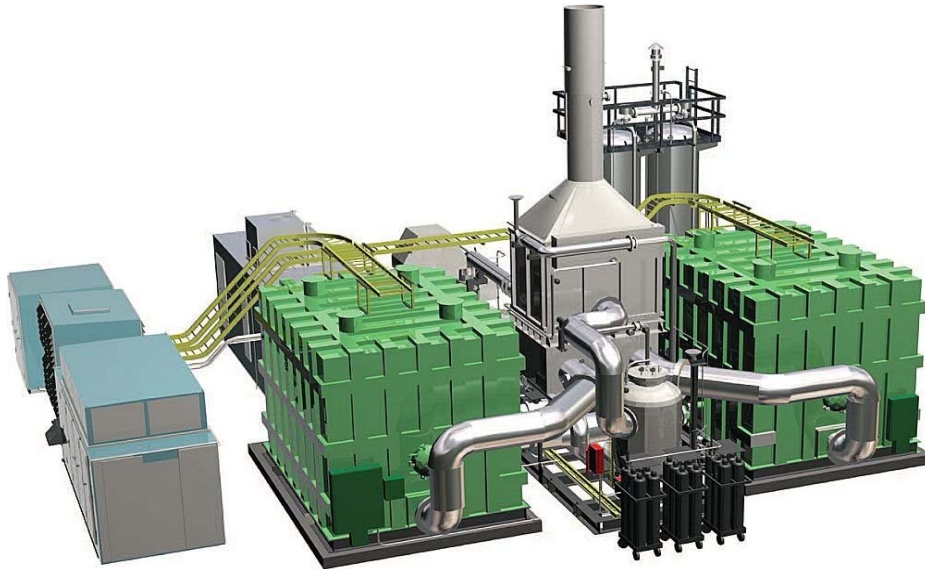
Los recuperadores de calor suministran entre 550 y 580 ton/h de vapor de alta presión, en condiciones normales de operación (entre 275 y 290 ton/h por cada uno de los recuperadores sin fuego suplementario). El vapor de alta presión se incorpora a los cabezales de alimentación de las 3 plantas criogénicas del CPG Nuevo Pemex, con las condiciones de 104 kg/cm² manométricos y 444 °C. Los dos recuperadores de calor tendrán la opción de utilizar fuego suplementario para garantizar una entrega de 800 t/h (400 t/h cada uno), aumentando con esto la flexibilidad del sistema al operar en forma conjunta con los generadores de vapor existentes.

Los recuperadores de calor son del tipo horizontal con chimenea y mampara para el desvío de los gases en caso de no requerirse la generación de vapor. En la Figura 4.2, se muestra un esquema de recuperador de calor

típico, donde del lado izquierdo se observa la interconexión a la turbina de gas, la chimenea auxiliar para el desvío de gases a la entrada del recuperador de calor.

Figura 4.2

Arreglo típico de un recuperador de calor con chimenea auxiliar



Fuente: <http://www.pemex.com>

La tabla 4.1 muestra las demandas de energía térmica de este complejo, como se puede apreciar el procesamiento de gas se ha ido incrementando considerablemente durante diez años y por lo tanto también el consumo de energía térmica, al final del capítulo se presentara todos los compuestos existentes en la república mexicana.

Tabla 4.1

Consumo histórico de energía térmica del CPG Nuevo Pemex Tabasco

Año	MWt
1997	435
1998	435
1999	545
2000	544
2001	536
2002	474
2003	508
2004	502
2005	514
2006	494
2007	495

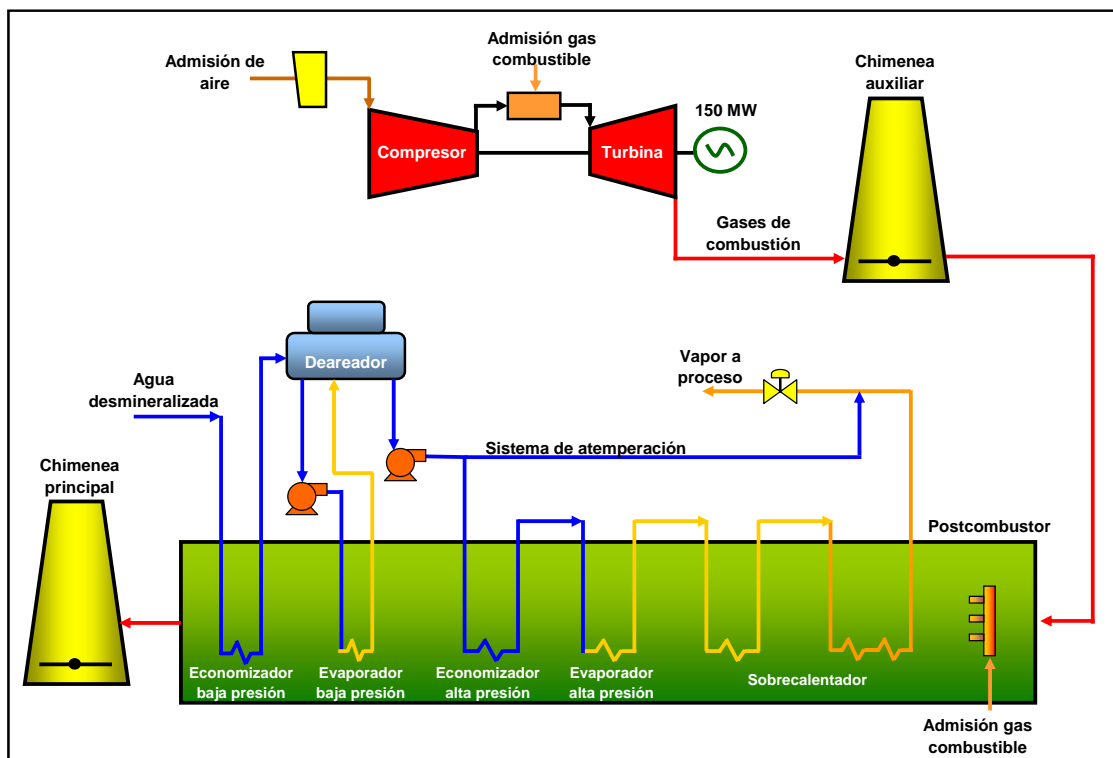
Fuente: <http://www.pemex.com>

4.2 Consumo de energía eléctrica en complejos procesadores de gas

Los turbogeneradores de gas consumen gas natural del troncal de 70 kg/cm². Estos generarán entre 300 y 335 MW de energía eléctrica neta. El desfogue de las turbinas de gas se conectan a recuperadores de calor para aprovechar la energía de los gases de combustión. Las turbinas de gas incluyen cada una su filtro de aire y quemadores de bajo NOx.

La planta de cogeneración debe incluir al menos los equipos mostrados en la Figura 4.3, para cada uno de los trenes.

Figura 4.3
Equipos principales de la planta de cogeneración para cada tren



Fuente: <http://www.pemex.com>

En la tabla 4.2 se muestran los consumos de energía eléctrica de este complejo, con esto el lector se puede dar una idea de cómo se va incrementando la producción de gas natural y sus consumos tanto energéticos, todo esto se va a retomar, como se dijo anteriormente, incluyendo todos los complejos del país.

Tabla 4.2
Consumo histórico de energía eléctrica del CPG Nuevo Pemex Tabasco

Año	MWe
1997	35
1998	35
1999	44
2000	44
2001	42
2002	38
2003	41
2004	40
2005	41
2006	39
2007	40

Fuente: <http://www.pemex.com>

4.3. Potencialidad de esquemas de cogeneración en las instalaciones procesadoras de gas.

Dos de los objetivos de Pemex es disminuir el consumo de combustible para la producción de vapor de proceso y la generación de energía eléctrica así como el exceso de electricidad será transferida hacia otras instalaciones de Pemex a través de la red nacional de electricidad.

Para cumplir con estos objetivos PEMEX ha optado por implementar sistemas de cogeneración ya que estos han demostrado ser benéficos para el usuario (reducen la facturación eléctrica, aprovechan energía que de otra forma se desperdiciaría, y controlan el suministro y calidad de la energía), para las compañías suministradoras de electricidad representan menores cargas a la red de transmisión y distribución y para el país menores presiones presupuestales, uso eficiente de los recursos naturales y menores emisiones al medio ambiente.

El esquema más viable para este propósito es el de turbina de gas con poscombustión-recuperador de calor generador de calor (HRSG por sus siglas en inglés) por ser más eficiente (ver cuadro 4.1).

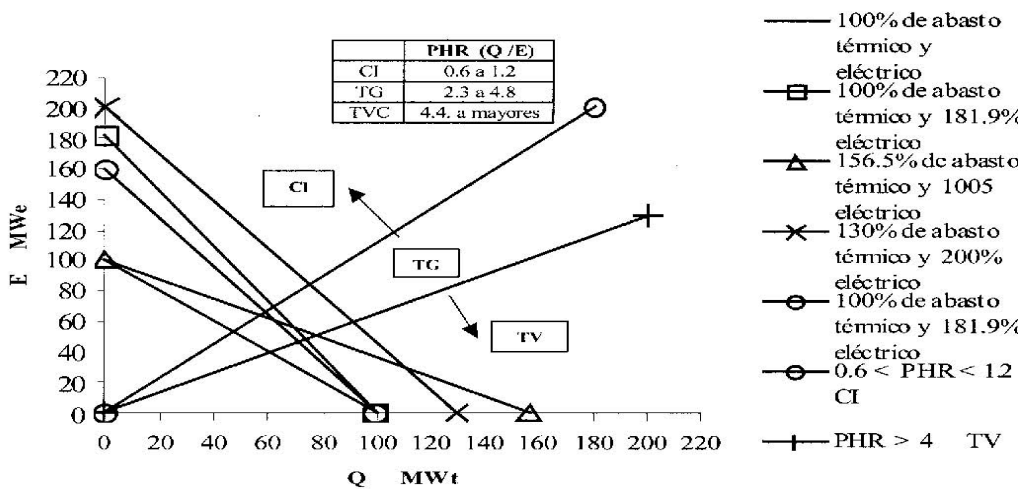
Cuadro 4.1
Esquemas de cogeneración y costo medio comercial

Esquema	Eficiencia global (%)	Costo medio comercial instalado (dólares/kW)
TV-Condensador	30	1 500
TV-E-C	60	1 200
TV-CP	83	1 000
TG-CPC-HRSG	86	1 150
TG-SPC-HRSG	70	950

TV-E-C: turbina de vapor con extracción y condensador
 TV-CP: turbina de vapor a contra presión
 TG-CPC-RCGV: turbina de gas con poscombustión-recuperador de calor generador de vapor (HRSG, por sus siglas en inglés)
 TG-SPC-RCGV: turbina de gas sin poscombustión-recuperador de calor generador de vapor
 CI: la tecnología de combustión interna, por su baja relación calor electricidad, tiene nulas posibilidades de aplicación para este caso.
 Fuente: "CLAROSCUROS EN LA GESTIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE LA COGENERACIÓN EN LAS INSTALACIONES DE PEMEX" Dr. Gabriel León de los Santos.

En cuanto a la energía térmica la tecnología de turbina de vapor ofrece las mejores posibilidades técnicas y, por el contrario, la de combustión interna brinda poca generación de energía térmica. Queda la turbina de gas en posición intermedia, pero ello puede modificarse con la adición de la poscombustión, con lo cual cubriría aplicaciones que caen dentro de la turbina de vapor (ver Gráfica 4.1).

Gráfica 4.1
Abaco de Cogeneración



Fuente: "CLAROSCUROS EN LA GESTIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE LA COGENERACIÓN EN LAS INSTALACIONES DE PEMEX" Dr. Gabriel León de los Santos.

A continuación se realiza una estimación de los potenciales de cogeneración en los complejos procesadores de gas, en base al siguiente procedimiento y al igual como se ha seguido haciendo durante el capítulo se utilizan los datos del CPG de Nuevo Pemex Tabasco.

Para el Complejo procesador de gas de Nuevo Pemex
El complejo demanda una cantidad de energía eléctrica de

$$E=40MWe$$

Así mismo el complejo demanda una cantidad de vapor de

$$Q=580 \text{ Ton/h}$$

A unas condiciones de:

$$\begin{array}{ll} (104 \text{ kg/cm}^2, 444^\circ\text{C}) & h_2=3240 \text{ KJ/Kg} \\ Y (1 \text{ kg/cm}^2, 40^\circ\text{C}) & h_1=167.57 \text{ KJ/Kg} \end{array}$$

Con estos datos se establece la demanda térmica en MWt de:

$$Q = \left(580 \text{ K} \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right) \left(\frac{\text{h}}{3600 \text{ s}} \right) \left(3240 - 167.57 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) = 495 \frac{\text{MJ}}{\text{s}} = 495 \text{ MWt}$$

Por lo que la relación calor electricidad queda como:

$$Q = \frac{495}{40} = 12.37$$

Y verificando en la gráfica 4.1 el esquema más viable es T.V o T.G

- Potencialidad con T.V (Turbina de Vapor).

Los procesos del complejo procesador de gas requieren del vapor de proceso a 104 kg/cm² y 444°C, por lo que el esquema de cogeneración con T.V. debe proveer estas condiciones. Por tal razón una turbina a contra presión sería poco viable, dada la presión alta requerida.

Extracciones pudiera ser una alternativa; pero implica una caldera de vapor de casi 3000 psi y 1050 °F para a partir de ahí hacer una expansión hasta los 104 kg/cm² y 444°C, lo cual ocasionaría condiciones críticas de vapor y por tal razón no se piensa en esta opción, dado el calor muy alto de la caldera.

- Potencial con T.G. (Turbina de Gas)

Dada la relación Q/E y la ubicación del complejo, una turbina de gas con recuperador de calor o un CCGT en cogeneración resultará con nuevas posibilidades de aplicación.

Un T.G. de 40 MWe sin poscombustión podría generar alrededor de 60MWt; con esto se cubriría el (60/495) 12% de la demanda térmica lo cual resulta muy bueno, pero el esquema requiere de generar el 88% del vapor de otra forma, por lo cual se requiere postcombustion así el vapor adicional se genera con una eficiencia del 86% (HRSG). Por lo que el esquema de cogeneración deberá buscar generar vapor con energía recuperada y con esto tener el abasto del 100% de energía térmica y tener excedentes eléctricos.

Este esquema podrá aprovechar el 100% de Q y generar 332 Mwe; y tendrá 495 MWt; de los cuales 292 MWe son excedentes eléctricos disponibles para porteo o ventas a CFE.

Para el estudio de la tesis, se analizaron los 10 complejos procesadores de gas que tiene actualmente PEMEX y usando el procedimiento anterior se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 4.3
Potenciales de cogeneración 2007

Potencial				
Complejo	MWe	MWt	EXC MWe	Exc MWt
Complejo	65.5	80.39	31.5	0
La venta	22.2	27.25	0	4.95
C.D. Pemex	79	96	20	0
Burgos	13	16.5	7	0
Coatzacoalcos	119	146	42	0
Poza Rica	74	90	26	0
Arenque	3	3	1.5	0
Matapionche	4.6	5.6	1.6	0
Nuevo Pemex	332	495	292	435
Reynosa	11	14	4	0
Total	724	976	425	439

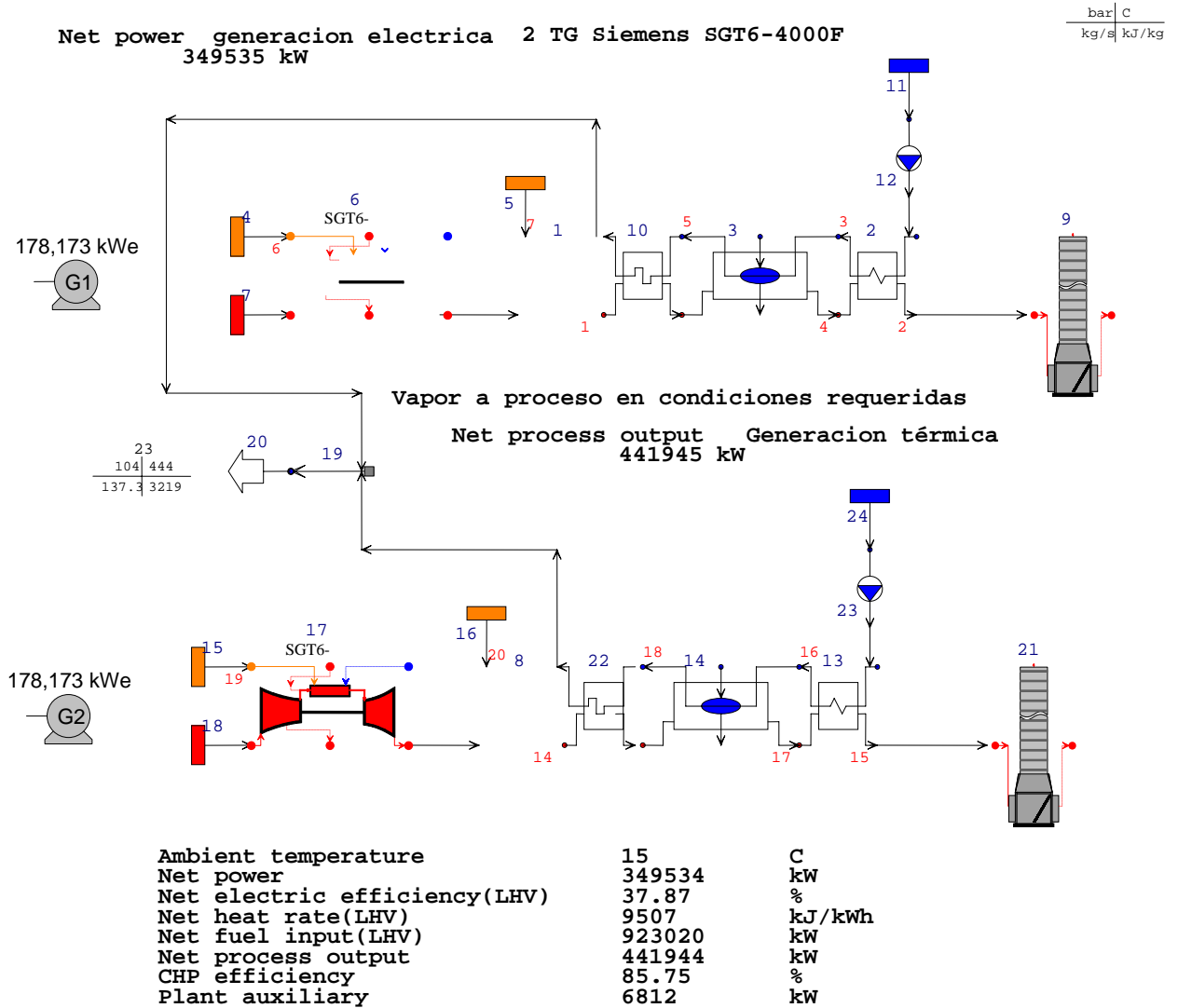
Fuente: elaboración propia con datos de Pemex en el 2007

También se ocupó el software de simulación thermoflow para corroborar los datos obtenidos en la tabla, y como se puede observar en la figura 4.4 Los datos de MWe y MWt del CPG de Nuevo Pemex son muy parecidos lo cual nos comprueba los resultados calculados anteriormente.

Este software se usó también para los demás complejos con el mismo propósito y los resultados no variaron mucho.

Figura 4.4
Simulación en Thermoflow

Esquema tipo para sistema de cogeneración en complejo procesador de gas Nuevo Pemex.



Actualmente se encuentra en operación el en C.P.G. de Cactus un sistema de cogeneración de 34MW y 50-108 ton/h y con el estudio del C.P.G de nuevo Pemex ya serían dos platas con sistemas de cogeneración, para las demás no se tiene contemplados proyectos de este tipo, ya que los demás complejos son más pequeños que el de Nuevo Pemex y Cactus, aparte estos complejos se

encuentran en un lugar estratégico para la distribución y almacenamiento de gas para industria petrolera.

4.4. Proyecciones de requerimientos de energía eléctrica asociados al procesamiento de gas natural en PEMEX al 2016.

En el ciclo prospectivo 2007-2017 se estima un crecimiento menos dinámico en la demanda interna de gas natural respecto al periodo histórico. Mientras que en la última década la demanda nacional creció a 6.4%, hacia el futuro se estima que se incrementará 3.0%.

Aún así, el crecimiento de la demanda de gas natural será sin duda uno de los de mayor dinamismo en el mercado de energéticos nacionales. De esta manera para 2017, la demanda estimada de gas natural alcanzará un volumen de 9,374 mmpcd. En el futuro la mayor parte del crecimiento en la demanda de gas natural provendrá del sector eléctrico, equivalente en volumen a 1,420 mmpcd. Los sectores petrolero e industrial le seguirán en importancia, presentando crecimientos de 667 y 221 mmpcd, respectivamente, entre 2007 y 2017. Es importante destacar que los sectores de menor participación en el consumo presentarán gran dinamismo en su demanda durante la década. El sector residencial, de servicios y autotransporte crecerán en su demanda a una tasa media de crecimiento anual de 6.0%, 5.1% y 15.3%, respectivamente en el periodo de análisis. En el caso de los primeros, se debe a que ante las expectativas de una expansión del sistema de gasoductos es posible que se desarrollen nuevas zonas de distribución, mientras que en el sector transporte hay expectativas de un fuerte impulso a incrementar el parque vehicular a GNC en las grandes ciudades.

Por el lado de la oferta nacional, ésta crecerá a un ritmo de 1.9% en el periodo 2007-2017, de tal manera que llegará a una producción de gas seco de 7,289 mmpcd en el último año. Cabe señalar que, la producción aguas arriba provendrá de proyectos en cuencas terrestres y un incremento en las actividades tanto en aguas someras, la expectativa del desarrollo en aguas profundas, mediante el proyecto de Lackach con el que PEP está planeando incorporar producción en 2013, al tiempo que se continúa con los proyectos de explotación en Cantarell, Ku-Maloob-Zaap, Crudo Ligerio Marino, Burgos y Veracruz; además, de la intensa actividad en Chicontepec. De esa producción aguas arriba, PEP requerirá 1,318 mmpcd en 2017 que utilizará para sus operaciones y en bombeo neumático en pozos petroleros.

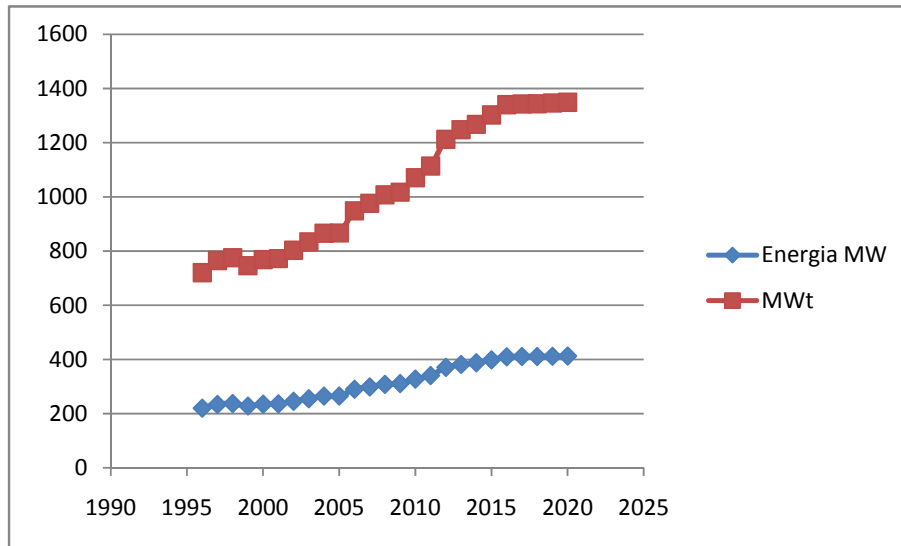
Tabla 4.4
Cálculo de proyecciones energéticas

Año	Procesamiento de Gas (MMPCPD)	Energía (MW)
1996	2615	220
1997	2779	233
1998	2816	237
1999	2709	228
2000	2791	234
2001	2804	236
2002	2916	245
2003	3029	254
2004	3144	264
2005	3147	265
2006	3445	290
2007	3546	298
2008	3658	307
2009	3894	310
2010	3889	327
2011	4045	340
2012	4403	370
2013	4532	381
2014	4604	387
2015	4730	398
2016	4868	409
2017	4878	410
2018	4880	411
2019	4890	411
2020	4900	412

Fuente: elaboración propia con datos de Pemex en el 2007

Cabe aclarar que para el estudio de las proyecciones de energía se utilizaron los datos de Pemex de procesamiento de gas natural en los complejos procesadores de gas, no se incluyen las plataformas petroleras porque queda fuera del alcance de la tesis (ver Anexo C para una idea sobre las corrientes de gas en las plataformas).

Gráfica 4.2
Gráfica de proyecciones energéticas al 2020



Fuente: elaboración propia

En la gráfica 4.2 se ve un incremento de casi el 100% en el consumo de energía a partir de 1997 y su proyección al 2020.

4.5. Escenarios de oferta y demanda con cogeneración

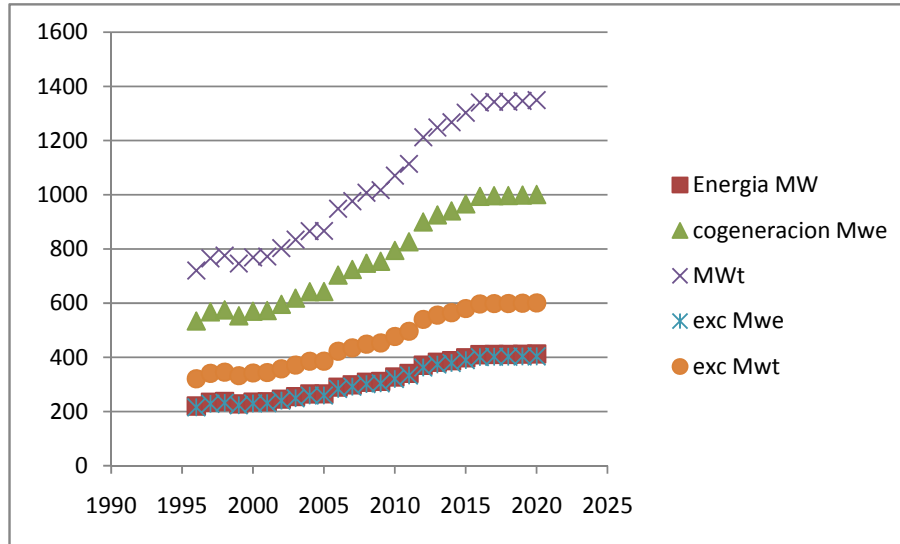
Para los cálculos de oferta y demanda con cogeneración se utilizan los datos de la tabla 4.3 y 4.4, basados en los datos de PEMEX en el 2007.

Tabla 4.5
Estimación de la demanda y proyección de abasto mediante cogeneración al 2020

Año	Procesamiento de Gas (MMPCPD)	Energía MW	Cogeneración MWe	Cogeneración MWt	Exc MWe	Exc MWt
1996	2.615	220	534	720	215	320
1997	2779	233	567	765	228	340
1998	2816	237	575	775	231	345
1999	2709	228	553	746	223	332
2000	2791	234	570	768	229	342
2001	2804	236	572	772	230	343
2002	2916	245	595	803	240	357
2003	3029	254	618	834	249	371
2004	3144	264	642	865	258	385
2005	3147	265	643	866	259	386
2006	3445	290	703	948	283	422
2007	3546	298	724	976	292	435
2008	3658	307	747	1007	301	448
2009	3694	310	754	1017	304	453
2010	3889	327	794	1070	320	477
2011	4045	340	826	1113	333	496
2012	4403	370	899	1212	362	540
2013	4532	381	925	1248	373	555
2014	4604	387	940	1267	379	564
2015	4730	398	966	1302	389	580
2016	4868	409	994	1340	400	597
2017	4878	410	996	1343	401	598
2018	4880	411	997	1344	402	599
2019	4890	412	999	1346	403	599
2020	4900	412	1000	1349	404	601

Fuente: elaboración propia

Grafica 4.3
Gráfica de proyecciones con cogeneración

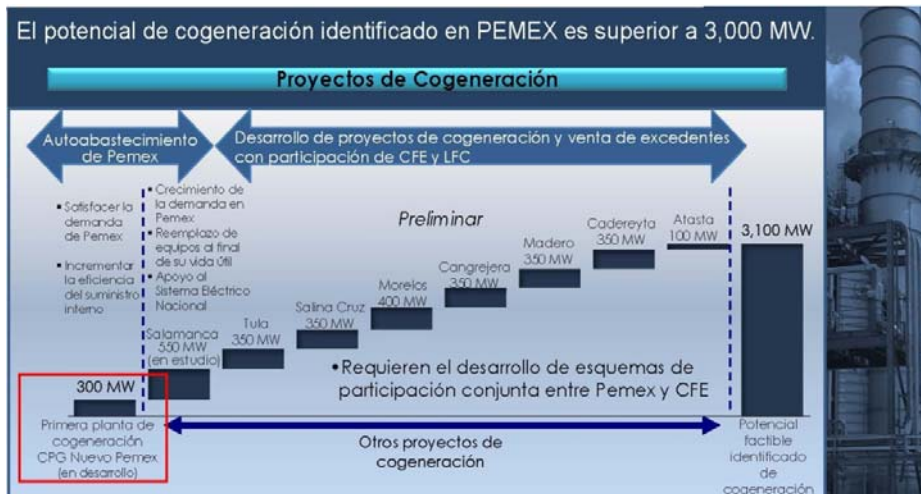


Fuente: elaboración propia

En la gráfica 4.3 se muestran los datos de la tabla 4.5 en forma de gráfica, resaltando el crecimiento en las curvas a partir del 2010 y con esto se puede ver que el potencial de cogeneración de los complejos procesadores de gas es más de 1000MWe y de 1349 MWt lo cual esta energía se puede aprovechar no sólo por el complejo sino también para plantas en los alrededores.

Actualmente en PEMEX se ha identificado un potencial eléctrico superior a 3000 MWe (Ver Figura 4.5), pero se han analizado solamente refinerías y complejos petroquímicos, aparte se han considerando otras tecnologías como el uso de coque.

Figura 4.5
El potencial de cogeneración en PEMEX



Conclusiones

Como se pudo observar se estima un incremento de energía eléctrica de casi el 100% en el procesamiento de gas en nuestro país, por lo que PEMEX tiene que suplir esta demanda de energía de una manera eficiente y barata. La mejor forma en la que se puede lograr estos objetivos es usando el esquema de cogeneración HRSG en los CPG's , ya que presenta una eficiencia del 86%.

Los CPG's se tienen un potencial de más de 1000MWe usando el esquema de cogeneración HRSG, este potencial lo debe aprovechar PEMEX en el futuro, no sólo para suplir las demandas energéticas de todas sus plantas, sino también puede ser una muy buena fuente de ingresos económicos para la paraestatal si vende los excedentes de energía eléctrica a CFE.

En la actualidad PEMEX ha empezado con los proyectos de cogeneración, pero esta paraestatal debe invertir más en estos esquemas si quiere ser una empresa más eficiente y competitiva a nivel internacional en un futuro.