UNIVERSIDAD NACIONAL ANDRÉS BELLO

ESCUELA DE INGENIERÍA COMERCIAL

"Seminario de Tesis: Impacto Económico y Ambiental del Gas Natural"

1997

Profesor Guía: Enrique Rueda

Alumnos: Pamela Guzmán

Soraya Iturrieta

Cristián Olivares

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente a todas las personas que nos ayudaron durante el desarrollo de nuestra tesis, especialmente a nuestros padres y familiares, quienes nos brindaron su cariño y apoyo en todo momento.

Agradecemos también a nuestro profesor guía, señor Enrique Rueda, por su colaboración y orientación en la realización de nuestro seminario.

INDICE

	Página
• INTRODUCCIÓN	1
1.- MERCADO ENERGÉTICO CHILENO	3
1.1.- Energéticos Convencionales	4
1.2.- Energéticos No Convencionales	8
1.3.- Consumo Energético Total	10
2.- EL GAS NATURAL	13
2.1.- Antecedentes Generales	13
2.2.- Características Generales	15
2.3.- Características Técnicas	16
2.4.- Extracción y Procedencia	19
3.- DISTRIBUCIÓN	21
4.- USOS Y SUSTITUTOS	23
4.1.- Gas Natural v/s Otros Combustibles	25
4.1.1.- Proceso para la Combustión	26
4.1.2.- Eficiencia en la Combustión	29

5.- EVALUACIÓN MERCADO POTENCIAL 31

5.1.- Sector Residencial y Comercial 31

- Requerimientos 33
- Evaluación 34
- Estimaciones de Conversión 36
- Ventajas 38
- Desventajas 38

5.2.- Sector Industrial 39

- Evaluación 40
- Ventajas 41
- Estimación Conversión 44

5.3.- Area Generación Eléctrica 47

5.4.- Sector Automotor 49

i) Gasolina v/s Gas Natural 50

ii) Petróleo Diesel v/s Gas Natural 55

- Ventajas Sector Automotor 59
- Desventajas Sector Automotor 59

6.- IMPACTO AMBIENTAL 61

i) Material Particulado 62

ii) Oxido de Nitrógeno 63

iii) Oxido de Azufre 63

iv) Compuestos Orgánicos Volátiles y Monóxido de Carbono 64

6.1.- Cuadro Comparativo de Emisiones 64

- CONCLUSIONES 69

- BIBLIOGRAFÍA 71

- ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Desde la primera crisis mundial del petróleo en 1973, los países desarrollados han implementado estrategias para reducir la dependencia hacia este combustible.

Dentro de estas estrategias se encuentran: la diversificación de las fuentes energéticas fomentando la utilización de energéticos no convencionales y renovables, y el uso eficiente de la energía.

Adicionalmente, tras el serio deterioro ambiental que sufre el planeta por causa de la actividad humana, los actuales modelos apuntan a un desarrollo sustentable, donde el uso eficiente de la energía y la introducción de energías renovables y de bajo impacto ambiental, constituyen el aporte del sector energético a esos objetivos.

En Chile, para la creciente demanda de energía, esencialmente eléctrica, el aumento de la oferta resulta vital para el desarrollo económico del país, la cual debe duplicarse hacia el año 2.005[1]. Para esto, el país debe considerar todas su posibilidades de generación y ahorro, y en estos puntos, el uso del gas natural como fuente energética alternativa en el

[1] Estimación de la Comisión Nacional de Energía, en base a un 6 % de crecimiento anual de la demanda de energía

mercado, se presenta como una solución viable que cumple con un desarrollo sustentable, basado en la diversificación, en el uso eficiente de energía y en un cuidado del medio ambiente.

El presente trabajo tiene por objetivo entregar una perspectiva económica y ambiental de los posibles alcances que tendrá la incorporación del Gas Natural como un nuevo elemento dentro de la matriz energética en el ámbito nacional.

Para el logro de los objetivos propuestos, se dividirá el mercado en cuatro sectores de consumo: Residencial y Comercial, Industrial, Transporte y Generación eléctrica, para luego evaluar la conveniencia del uso del Gas Natural como energético sustituto en cada uno de ellos, determinando las ventajas y desventajas propias de este combustible.

1. - Mercado Energético Chileno [1]

La energía es indispensable para el desarrollo del país, siendo un insumo de gran importancia en los procesos productivos y en el mejoramiento de la calidad de vida. A su vez, constituye un aporte importante al PGB junto con tener significativos impactos macroeconómicos, en la generación de riqueza, inversión, ingresos públicos, balanza de pagos y tributación, entre los más importantes.

El mercado energético nacional esta constituido principalmente por las fuentes energéticas convencionales, quienes obtienen el 99 % del consumo final de energía, dejando a los insumos no convencionales sólo con el 1 %.

Actualmente, del total de energía consumida en Chile, el 51 % proviene de recursos nacionales y el 49 % de los recursos importados[1].

[1] Fuente: Todos los datos de participaciones y consumos fueron obtenidos de los balances energéticos elaborados por la Comisión Nacional de Energía, CNE.

1.1 Energéticos Convencionales

El abastecimiento nacional esta distribuido entre 5 energéticos primarios principales:

Energéticos Convencionales	
Petróleo	40 %
Hidroelectricidad	23 %
Leña	17 %
Gas Natural	11 %
Carbón	9 %
Total	100 %

El sector Transporte es el principal consumidor de petróleo, con una participación del 54,4 % seguido por el Industrial con un 24,6 %; el Comercial y Residencial con un 15,9 % y por último, el Centro de Transformación eléctrica con un 4,3 %.

En cuanto a la electricidad, Chile es un país privilegiado. En un año pluviométrico normal, el 65 % de la generación eléctrica proviene de dicho energético, mientras que un 35 % es de origen termoeléctrico. Sin embargo, en un año seco la proporción se invierte casi totalmente. En abril del presente año, la generación hidráulica representó sólo el 42,6 % del total, mientras que la térmica, lo hizo en un 57,4 %. (Ver Anexo N ° 11.1 y 11.2)

Del consumo eléctrico nacional, un 66 % corresponde al sector industrial, un 29 % al sector residencial y comercial, un 4 % a la generación eléctrica y el 1 % restante, al sector transporte.

En relación con la leña y sus derivados, el 73,4 % corresponde a leña propiamente tal y el resto, un 26,6 %, a desechos forestales e industriales. El consumo de leña se divide sólo en dos sectores: el residencial y comercial, con una participación del 68 %, y el industrial con un 32 %.

En cuanto a los desechos forestales, se consumen principalmente en las zonas rurales, quienes obtienen una participación del 68,2 % del consumo total. En cuanto a los sectores en estudio, el residencial y comercial demanda el 18,8 %, y el industrial, el 11,3 % restante.

El consumo de leña y sus derivados por parte del sector industrial, se debe principalmente a que es una alternativa económica para diferentes procesos de producción. Respecto al consumo del sector residencial y comercial, los utiliza principalmente para calefacción.

En relación con el carbón, su principal consumidor es el sector termoeléctrico con un 50% del total. A continuación, se encuentra el sector industrial y minero, el cual alcanza un 30%, y finalmente el sector residencial con el 20% restante.

Del consumo total de carbón, el 75% corresponde a carbón bituminoso y un 25% a sub-bituminoso. Este último, abastece principalmente las plantas termoeléctricas del Sistema Interconectado del Norte Grande, ya que no puede ser empleado en el Sistema Interconectado Central, salvo en pequeñas proporciones mezcladas con carbón bituminoso, debido a su mayor emisión de material particulado en comparación con el bituminoso.

Chile importa carbón térmico y metalúrgico para abastecer parte del mercado termoeléctrico y siderúrgico, respectivamente. Del total de carbón importado, un 71% corresponde al carbón metalúrgico y un 29% al carbón térmico.

En relación con el consumo de gas natural, los centros de transformación y la planta de metanol "Methanex" son los principales consumidores con un 86,9% del total, seguidos por el sector comercial, público y residencial con un 11,9%. Luego se encuentra el sector industrial y minero, representando un 0,7% para finalizar con el sector transporte con un 0,4% del consumo total.

Hasta fines de junio de 1997, el consumo de gas natural se concentraba exclusivamente en la XII Región de Magallanes. Sin embargo, a partir de Julio del presente año, se extendió hasta la Región Metropolitana por medio del proyecto Gasandes, el cual trae el gas desde Argentina.

El consumo de gas natural en la Región Metropolitana, al igual que los otros energéticos, se puede separar en cuatro sectores: industrial, residencial y comercial, transporte y generación eléctrica.

Durante el primer año (1997) se estima que las industrias representarán el 47,4 % del consumo, seguidas por la generación eléctrica (Central Nueva Renca) con un 40,8 %, por el sector residencial y comercial con un 11,6 %, para terminar con el sector transporte con un 0,2 % del total.

Estas proporciones no se mantendrán constantes, puesto que para el año 2.000 se estima que la generación termoeléctrica representará más de la mitad del consumo (53,2 %) y para el año 2.010, se espera que sea responsable del 75 % de la demanda total por gas natural. Luego estaría el sector industrial con un 14 % seguida por el residencial y comercial con un 8,5% y por último el sector transporte con el 2,4 % restante. (Ver Anexo N º 1)

Según Alejandro Jadresic, Ministro Presidente de la CNE, el gas natural representará cerca del 20 % del mercado energético, en los próximos 25 años[1].

[1] Fuente: Suplemento especial "Gas Natural", diario Estrategia (2 de julio de 1997).

1.2 Energías No Convencionales

Actualmente estas fuentes de energía no convencionales no compiten como alternativa en igualdad de condiciones con las energías tradicionales, puesto que estos recursos no se han desarrollado en el país o se encuentran en una etapa experimental. Son utilizadas en lugares donde no existe otra alternativa de generación eléctrica por la alta inversión requerida para instalar una planta de energía tradicional, que no se ve compensada por la baja demanda en dichos lugares.

Los principales energéticos no convencionales son: Geotermia, Energía Solar, Energía Eólica, Microcentrales hidroeléctricas, Biogas y Biomasa.

Estos tipos de tecnologías representan la utilización de un recurso energético adicional que permite diversificar la base energética y, además, reducir en muchos casos el impacto ambiental respecto de las tecnologías convencionales de producción energética.

Estas energías operan en sistemas descentralizados o completamente aislados. En Chile existen alrededor de 1.160 instalaciones, correspondiendo un 67,5 % a instalaciones solares; un 8,3 % a instalaciones eólicas; un 13,2 % a minicentrales hidroeléctricas y el resto a los otros tipos de energía no convencionales.

La contribución de cada tipo de energía, respecto al aporte total de las energías no convencionales, se puede ver en el siguiente cuadro:

Energéticos No Convencionales	
Biogas	89,87 %
Microcentrales Hidroeléctricas	8,80 %
Energía Solar Térmica	1,23 %
Energía Solar Fotoboltaica	0,10 %

* La energía Eólica aporta con un porcentaje insignificante.

En Chile, el mayor consumo de este tipo de energías se encuentra en los sectores urbanos, debido a la gran contribución del Biogas en las ciudades de Santiago, Valparaíso y Viña del Mar.

1.3. - Consumo Energético Total

El consumo energético nacional total, esta distribuido esencialmente en 4 sectores:

Sectores de Consumo Energético	
Industrial y Minero	32 %
Comercial, Público y Residencial	26 %
Transporte	25 %
Centros de transformación	17 %
Total	100 %

El objetivo central de la política energética, es asegurar el abastecimiento al menor costo posible, apuntando a un crecimiento económico, la equidad social y el respeto al medio ambiente. A su vez, el país va adaptando su matriz energética según las características del mercado y respetando los objetivos mencionados.

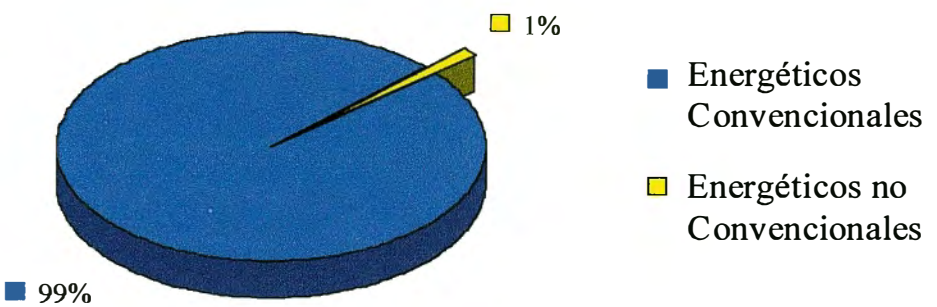
Por su parte, los sistemas energéticos son independientes entre sí, y sus políticas deben ser equilibradas entre los distintos subsectores en que se dividen.

En los últimos años, se ha implementado en el país una política de diversificación energética a las energías no convencionales y el uso eficiente de la energía. Este último, se refiere al ahorro en el consumo energético en los distintos procesos de

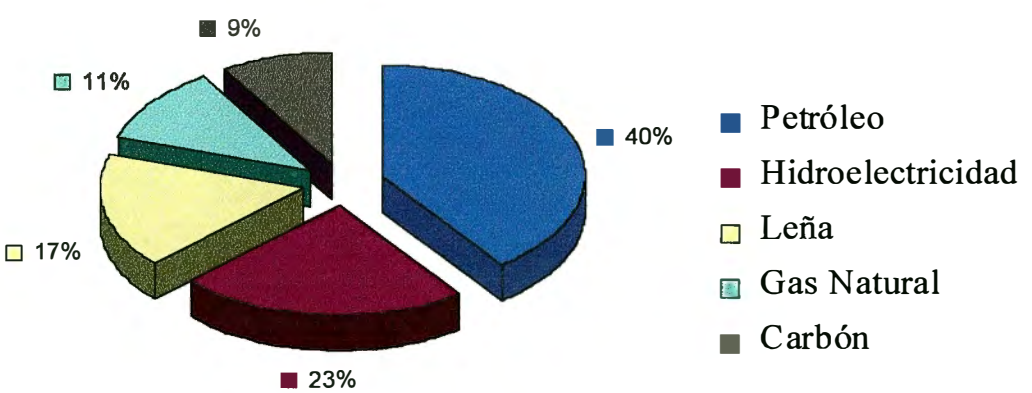
producción, transporte, transformación y usos finales, sin que impliquen deterioros en los niveles de productividad o en la calidad de vida del consumidor.

En resumen, la estructura del mercado energético se puede ver en los siguientes gráficos:

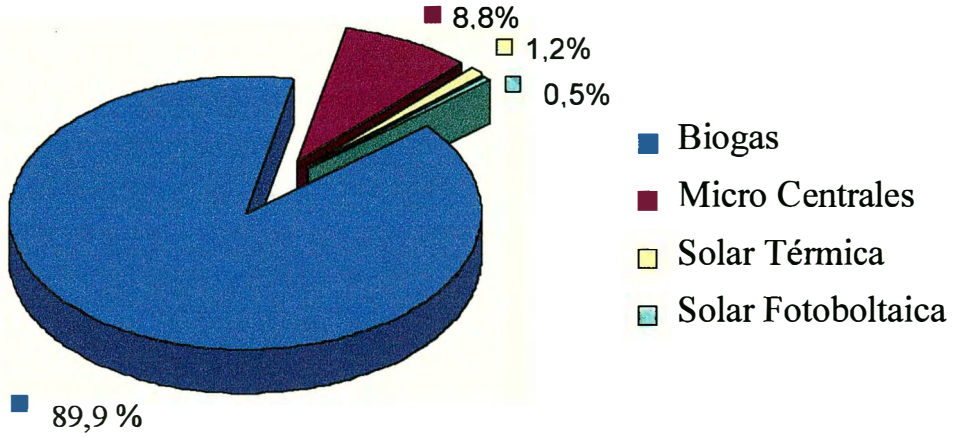
Mercado Energético



Energéticos Convencionales



Energético No Convencionales



2. - EL GAS NATURAL

2.1. - Antecedentes Generales

El primer yacimiento de gas descubierto en territorio nacional fue Chañarcillo, durante el año 1950 como resultado de exploraciones petrolíferas. La construcción de la planta Manantiales en Tierra del Fuego durante 1951, permitió el tratamiento del gas y su posterior utilización.

Desde el año 1950 a la fecha, se han descubierto otros veintitrés yacimientos de gas en la Cuenca de Magallanes. La planta Manantiales fue sustituida por la planta Cullén en 1961, la que actualmente se encuentra en funcionamiento.

El aprovechamiento del gas natural se inició con su utilización en la generación eléctrica para el abastecimiento de la ciudad de Punta Arenas, en 1965. La utilización domiciliaria del gas natural se inició en el año 1971, alcanzando la red de distribución una extensión de 608 Km en la actualidad.

El descubrimiento del yacimiento de gas Tranquilo, en 1958 cerca de la ciudad de Puerto Natales, permitió a esta ciudad en 1974, contar con abastecimiento de gas natural. La ciudad cuenta con una red de distribución de 106 Km de longitud.

En la actualidad, el gas natural que se produce en Magallanes, se extrae de los yacimientos del Area Continental, Tierra del Fuego y Costa Afuera, junto a los hidrocarburos líquidos que componen el petróleo crudo y el condensado.

En 1971, entra en funcionamiento la planta procesadora Posesión, que tiene una capacidad de tratamiento de 9,3 millones de m^3 por día. El mismo año, se pone en marcha la planta fraccionadora Cabo Negro, en la cual se separa el Propano, el Butano y la gasolina natural de los hidrocarburos condensados deetanizados y mezclados que son enviados desde Posesión por medio de una tubería de 8" de diámetro y de 190 Km de largo.

Con el objetivo de abastecer Punta Arenas, Cabo Negro, Planta Topping, Terminal Gregorio y lugares intermedios, se construyó en 1970 un gasoducto de Posesión a Cabo Negro de 6" de diámetro, el cual, a medida que los suministros aumentaron, se fue ampliado con tramos paralelos y plantas compresoras. A partir de 1988 entró en operaciones un nuevo gasoducto que sustituye al anterior, de igual longitud y de 18" de diámetro. Este gasoducto permite abastecer a la planta de Metanol, puesta en servicio en ese mismo año, y tiene capacidad suficiente para suministrar gas natural a otra futura planta de similar volumen de consumo.

Los logros más importantes de los últimos años tienen relación con la materialización del proyecto de interconexión gasífera entre Neuquén en Argentina y la Zona Central de Chile (Gasandes), la suscripción de un acuerdo de complementación económica con Bolivia, ligado al abastecimiento de gas desde ese país a la zona norte de Chile y otros proyectos de integración en la zona norte y sur de Chile y Argentina.

2.2. - Características Generales:

El Gas Natural es uno de los principales combustibles gaseosos. Está compuesto esencialmente por una mezcla de hidrocarburos livianos que se originan a partir de la descomposición de materias orgánicas que yacen en el subsuelo.

El gas natural se encuentra disponible en grandes cantidades en estado natural, siendo una de las energías más abundantes y de más rápido desarrollo en el mundo. A comienzos de siglo contaba con una participación casi nula, para llegar a representar actualmente el 20% de la matriz energética mundial. Este rápido crecimiento ha sido influido directamente por sus características, las cuales lo convierten en un combustible comparativamente más limpio, de fácil manejo y transporte, de mayor eficiencia en la combustión, y económicamente competitivo en los mercados[1].

[1] Fuente: Comisión Nacional de Energía, C.N.E.

Debido a que es un producto que se consume en estado natural, puede ser aprovechado directamente de las zonas de extracción como también transportado por gasoductos hacia otros puntos, lo que permite que el gas pueda ser consumido a varios miles de kilómetros, sin que pierda la calidad en sus características fundamentales.

2.3. - Características Técnicas

En cuanto a su estructura, el gas natural esta compuesto principalmente por Etano y Metano, seguido con una menor proporción de Nitrógeno, Dióxido de Carbono, Hidrógeno y compuesto de Azufre[1]. Las proporciones de cada uno de ellos son variables y dependen del yacimiento del cual se extraiga.

El cuadro (1) muestra la composición típica del gas natural proveniente de la Cuenca de Neuquén en relación con su volumen:

[1] El gas natural comercializado en Chile no contiene Azufre

Cuadro (1): Composición Típica GN

Componente	% del Volumen
Metano	92,35
Etano	4,20
Dióxido de Carbono	1,45
Nitrógeno	0,81
Propano	0,72
N – Butano	0,19
Iso Butano	0,12
Hexano	0,06
N – Pentano	0,05
Iso Pentano	0,05

fuente : Gamma Ingenieros Ltda.

En cuanto a su composición química como porcentaje de su peso, el cuadro (2) muestra los siguientes datos:

Cuadro (2): Composición Química (% de su Peso)

	C	H	O	N	S	Ceniza	Agua
Gas N.	72,89	23,16	2,65	1,30	0	0	0

Fuente: Gamma Ingenieros Limitada

Finalmente, el cuadro (4) presenta las características técnicas generales del gas natural:

Cuadro (4): Características Técnicas Generales

Poder Calorífico KgCal / m^3 std.	
Superior	9.300
Inferior	8.400
Densidad Relativa (aire = 1)	0,60 – 0,64
Límites de Inflamabilidad en Aire	
Superior	15 %
Inferior	5 %
Punto de Rocío	
De agua	No superior a -15° C
De hidrocarburos	No superior a -10° C
Temperatura máxima	50° C
Presión al artefacto (gas) Kpa	
Máxima	2,2
Mínima	1,5
Eficiencia Global (PCS %)	0,77

e: Metrogas S.A. y Transgas S.A.

2.4. - Extracción y Procedencia

El gas natural, se extrae en forma líquida del subsuelo de la corteza terrestre. Se puede encontrar en la naturaleza tanto asociado como independiente de los yacimientos petroleros.

Una vez extraído, se procede a sacar los hidrocarburos licuables a baja presión como la gasolina natural, propano y butano, siendo estos dos últimos transformados en gas licuado. Luego es filtrado y olorizado para poder ser detectada su presencia en lugares de perdida.

En Chile, actualmente el gas natural se obtiene de dos fuentes: Extracción y elaboración propia a cargo de ENAP en la XII Región, e importación desde la Cuenca de Neuquén en Argentina a través del gasoducto Gas Andes.

ENAP produce gas natural solamente en la zona de Magallanes y exclusivamente para el consumo regional por dos razones: primero, debido a que la magnitud de las reservas sólo son suficientes para el consumo de dicha región y segundo, por la distancia de los potenciales centros de consumo, lo que hace practica y económicamente inviable su transporte.

Del total de su producción, cerca del 50% de ella se destina a reinyección para preservar el recurso, realizar un aprovechamiento económico a futuro y mantener o mejorar la extracción en los pozos petroleros. Aproximadamente el 28% lo ocupa ENAP para consumo propio, un 3% son perdidas y el resto es destinado al consumo regional como residencias, transporte, generación eléctrica y petroquímica principalmente[1].

Cabe destacar, que existen 6 proyectos para abastecer distintas localidades a lo largo de todo el país. En el siguiente cuadro se muestran los proyectos con sus respectivas características:

Proyectos de Transporte y Distribución de Gas Natural

Zona	Proyecto	Objetivo	Sector de Abastecimiento	Inicio Operaciones
Norte	Norgas	Transporte	Atacama	Septiembre 1999
	Gas Atacama	Transporte	II Región	Principios 1999
	Electrogas	Transporte	V Región	Enero 1998
Centro	Gasvalpo	Distribución	Valpo, Viña	Verano 1998
	Energas	Distribución	Litoral Central	Marzo 1998
Sur	Gassur	Transporte	VIII Región	Fines de 1999
	Gasoducto Magallanes	Transporte	Planta Methanex	Diciembre 1998

Fuente: Suplemento "Gas Natural"; El Mercurio y Estrategia, 27 Junio y 2 Julio de 1997 respectivamente

[1] Fuente: Comisión Nacional de Energía, C.N.E

3. - DISTRIBUCIÓN

Para que el gas pueda ser consumido, una vez extraído, debe ser transportado por los gasoductos hasta los puntos de consumo donde se encuentran las plantas reguladoras, que ajustan su presión para poder ser distribuido por las redes que se conectan al consumidor final.

En este circuito intervienen tres actores que son el Extractor, el Transportador y el Distribuidor. Estas tres actividades se hacen en forma independiente y, por ley, no puede haber ningún tipo de integración vertical ni discriminación alguna, tanto en relación con el derecho de distribuir, como en el de elegir libremente su consumo y proveedor[1].

En Chile, existe un megaproyecto llamado Gas Andes, cuyo objetivo es conectar a nuestro país a las redes de transporte de gas natural del cono sur. Dicho proyecto abastece en una primera etapa a la Región Metropolitana, para luego extenderse a la Quinta y demás regiones, siendo estas últimas para el largo plazo.

Este proyecto esta formado por tres empresas: Gasoducto Gasandes, Metrogas S.A y Central Nueva Renca, donde Gasandes se hará cargo del transporte desde la Cuenca de Neuquén hasta la planta reductora ubicada en Lo Espejo. Luego, Metrogas S.A., que es la única empresa distribuidora en operaciones desde comienzos de Julio (fecha de comienzo del

[1] Fuente: Metrogas S.A. y Gasandes S.A.

suministro), se hace cargo de la distribución a los consumidores finales por medio de una red matriz que se conecta con la red existente de Gasco S.A.. Adicionalmente, desarrollará una red interna de distribución para abastecer a nuevos consumidores del Gran Santiago. (Ver Anexo N º 2 .1 y 2.2)

La Central Nueva Renca es uno de los componentes esenciales del proyecto, puesto que hace factible el desarrollo del gasoducto al generar un consumo de aproximadamente el 50% de los volúmenes de gas importado. (Ver Anexo N º 1)

4. - USOS Y SUSTITUTOS

El Gas Natural, gracias a sus características, tiene diversas aplicaciones en la industria, comercio, en el área de la generación eléctrica, sector residencial y vehicular. Sus principales aplicaciones en cada sector, son las que muestra el cuadro (5):

Cuadro (5): Aplicaciones del Gas Natural

Sector	Aplicación / Proceso
Industria	- Generación de Vapor - Industria Alimentos - Secado - Productos Cerámicos - Fundición de Metales - Tratamientos Térmicos - Generación Eléctrica - Cámaras de Combustión - Calefacción
Comercio	- Hornos de Fusión - Calefacción Central - Aire Acondicionado
Energía	- Agua Caliente - Preparación de Alimentos - Cogeneración eléctrica - Centrales Térmicas
Residencial	- Cocina - Calefacción - Agua Caliente - Aire Acondicionado
Transporte Pasajeros	- Taxis - Buses

Cada uno de los sectores puede ser abastecido por más de un tipo de combustible, los cuales pueden ser agrupados en: Gaseosos, Líquidos y Sólidos. Dentro de esta clasificación, los más usados en el mercado son los siguientes:

Cuadro (6): Combustibles más Usados

Grupo	Combustible
Gaseosos	Gas Natural Gas de Ciudad Gas Licuado
Líquidos	Fuel Oil # 2 Fuel Oil # 5 Fuel Oil # 6 Kerosén Diesel
Sólidos	Leña Carbón

De la estructura del cuadro (6), se desprenden tres tipos de sustitutos: gaseosos, líquidos y sólidos. Dentro de esta clasificación, los más cercanos son el gas de ciudad y el gas licuado, puesto que pertenecen a la misma "familia" de combustibles, lo que implica tener características muy similares de composición y operación. Estas características hacen más fácil la sustitución, debido a que no se necesitan grandes inversiones en la adaptación de los equipos para poder ocupar el otro combustible.

Luego, están los combustibles líquidos, que son sustitutos menos cercanos que los gaseosos por tener una estructura física distinta, lo cual no permite usar los mismos equipos para la combustión, siendo necesarias mayores inversiones para modificar y/o cambiar los equipos existentes.

Por último, están los combustibles sólidos, que son los sustitutos más lejanos por requerir grandes inversiones en adaptaciones y/o cambios en los equipos para su posterior utilización.

4.1. - Gas Natural V/S Otros Combustibles

El gas natural, como combustible gaseoso, presenta varios beneficios en comparación con los otros combustibles, siendo el más importante de ellos, la mejor calidad en la combustión. Lo anterior, lo hace el combustible más limpio y eficiente en relación con su uso.

4.1.1. - Proceso para la Combustión

Para lograr el objetivo de entregar energía, los combustibles necesitan de un proceso de transferencia de calor y de masa llamado Combustión.

Para cada tipo de combustible serán necesarias distintas condiciones y procesos. En el Cuadro (7) se puede observar, por ejemplo, que los combustibles líquidos requieren de: precalentado, atomización, vaporización y mezclado antes de estar en condiciones de quemarse.

Los combustibles sólidos, por su parte, requieren de: molienda, tamizado, calentamiento, desvolatización y mezclado para alcanzar sus condiciones de combustión.

Finalmente, las características de los gaseosos y el gas natural, en particular, permiten una combustión directa y sin procesos previos a la combustión, siendo su utilización más sencilla y eficiente.

Cuadro (7): Requerimientos para la Combustión por Tipo de Combustible

Tipo Combustible	Antes de la combustión	Durante la combustión	Después de la combustión
Gaseoso	Mezclado	Encendido	Gases producto
Líquido	Precalentado Bombeo Atomización Vaporización Mezclado	Encendido	Gases producto
Sólido	Presecado Molienda Tamizado Calentamiento Desvolatilización Mezclado	Encendido de volátiles y sólido residual	Gases producto Cenizas

Fuente : Documentos elaborados por Gas de Chile S.A y Gasoducto Trasandino S.A

A su vez, para los procesos antes mencionados se necesitan distintos equipos dependiendo del combustible y de cada proceso en particular.

Como se puede observar en el cuadro (8), que compara los requerimientos adicionales referidos a la preparación del combustible, al proceso de combustión y al de control de emisiones de material particulado (según la normativa vigente en la Región Metropolitana), los combustibles sólidos requieren grandes espacios para su almacenamiento, tratamiento previo a la combustión y tratamiento de los gases producto.

Por su parte, los combustibles líquidos necesitan de estanques para su almacenamiento y tratamiento para los gases producto (con la excepción del Fuel Oil # 2). En cambio, los combustibles gaseosos sólo requieren de sistemas de regulación de presión y de conexión a la red de distribución, no siendo necesario al tratamiento de los gases producto para cumplir con las normativas de emisión.

Cuadro (8): Requerimientos para la Combustión por Combustible

Combustible	Antes de la Combustión	Durante la Combustión	Después de la Combustión	Observaciones
Gas Natural **Gas Licuado (1)** **Gas Ciudad**	Válvulas reductoras Reguladores presión Tuberías	Ventiladores Quemadores		Fácil de automatizar Partida rápida
Fuel Oil # 5 **Fuel Oil # 6**	Precalentador Estanque Bombas Filtro Tuberías	Ventiladores Quemadores	Filtros de mangas Residuos sólidos	Mantención frecuente
Fuel Oil # 2	Estanque Bombas Filtro Tuberías	Ventiladores Quemadores		Fácil de automatizar Partida rápida
Leña	Canchas de acopio Transporte Chipeadora	Parrilla Ventiladores Cenicero	Ciclón y lavado de gases o filtro de mangas Residuos líquidos y sólidos	Mantención frecuente
Carbón	Canchas de acopio Carboneras Transporte Molino	Parrilla Ventiladores Cenicero	Ciclón y lavado de gases o filtro de mangas Residuos líquidos y sólidos	Mantención frecuente

Fuente : Documentos elaborados por Gas de Chile S.A. y Gasoducto Trasandino S.A.
(1) Requiere Almacenamiento

4.1.2. - Eficiencia en la Combustión

Para evaluar la combustión se utilizan dos índices:

i) Rendimiento de combustión (n_{comb})

ii) Rendimiento de quemado (n_{quem})

El primero, se refiere principalmente a la pérdida de energía asociada al exceso de aire utilizado en la combustión. El segundo, indica la cantidad de combustible que logro quemarse totalmente, es decir, la pérdida por combustible sin quemar que sale por la chimenea.

Cuadro (9): Rendimiento de los Combustibles

Combustible	Rendimiento de Combustión (%)	Rendimiento de Quemado (%)
Gas Natural	95 - 98	98 - 99
Gas de Ciudad	95 - 98	98 - 99
Gas Licuado	95 - 98	98 - 99
Fuel Oil # 6	70 - 77	92 - 95
Fuel Oil # 5	70 - 77	93 - 95
Fuel Oil # 2	80 - 83	93 - 95
Leña	45 - 55	80 - 85
Carbón Sub Bituminoso	55 - 60	87 - 90
Carbón Bituminoso	55 - 60	87 - 90

Fuente : Documentos elaborados por Gas de Chile S.A y Gasoducto Trasandino S.A

En el cuadro (9), se puede apreciar que los combustibles gaseosos, en especial el gas natural, tienen un alto rendimiento tanto de combustión como de quemado, lo que implica una maximización de la eficiencia en cuanto a combustible utilizado para un determinado proceso. El gas natural se aprovecha prácticamente en un 100 %, minimizando las pérdidas.

5. - EVALUACIÓN MERCADO POTENCIAL

Para poder evaluar la conveniencia del uso del gas natural en el mercado, es necesario hacerlo para cada sector en particular, puesto que cada uno de ellos posee sus propias características, las cuales influyen de distinta manera en la evaluación.

Para el análisis, se considerarán los siguientes sectores:

- Residencial y Comercial
- Industrial
- Transporte
- Generación Eléctrica

5.1. - Sector Residencial y Comercial

En este sector, la utilización del gas natural está enfocada principalmente a las cocinas, calefones y estufas.

Para la conexión de las residencias o locales comerciales a la red, se debe realizar previamente un censo por parte de técnicos especializados, con el fin de recopilar toda

la información necesaria para una adecuada y correcta incorporación a la red, y la conversión de los artefactos a gas existentes.

El cliente tiene completa libertad para aceptar o rechazar el "Servicio".

Cabe destacar, que la conexión a la red y la conversión de los artefactos será gratuita para los usuarios, solamente si se accede al servicio durante el período de incorporación previsto para cada barrio o sector. Si el cliente decide hacerlo con posterioridad, la conexión podrá llegar a costar hasta $ 200.000 y la conversión de los artefactos hasta $ 150.000. (fuente: Metrogas S.A.)

Las conexiones de gas natural se irán realizando por comunas. Actualmente, en la Región Metropolitana se encuentran conectadas las comunas de Maipú, La Florida, Peñalolén y Las Condes.

Requerimientos

Para la conversión a Gas Natural, se tienen los siguientes requerimientos:

- Adaptar a Gas Natural todos los artefactos que el cliente desee convertir y que estén en condiciones hacerlo. Para esto, se cambiarán y regularán las piezas necesarias para un correcto funcionamiento. En caso de que estos artefactos no puedan ser convertidos, ya sea por su antigüedad o fallas que él presente, el cliente deberá renovarlos si desea utilizar Gas Natural en ellos.

- Instalar un medidor y un regulador del servicio en el exterior de la vivienda.
- Efectuar una pequeña excavación (aproximadamente 50 cm), para colocar la tubería de cobre que unirá la red interior del gas con la red exterior.

Dado que el principal requerimiento es tener artefactos factibles de ser convertidos, los cuales no deben ser muy antiguos (10 a 12 años de antigüedad aprox.), es que el uso del gas natural está enfocado al segmento socioeconómico ABC1-C2.

A su vez, Metrogas[1] ofrece un crédito especial a los clientes para la renovación de los artefactos.

El crédito consiste en otorgar un plazo de hasta doce meses, recargando un interés del 1,429 % mensual. A su vez, Metrogas tiene convenios con las distintas marcas de artefactos, para entregar al cliente un menor precio que el de las casas comerciales.

Todos los costos de conexión e instalación, excepto la renovación de artefactos, son cubiertos por Metrogas, quien es dueño de toda la instalación exterior (medidor y regulador).

Evaluación

- Para la evaluación se tomó un consumo promedio mensual de gas de $ 13.283. (Fuente: INE; el anexo N °10 muestra la forma en que se calculó el consumo).
- Los ahorros por el uso del gas natural en relación con el consumo, son de un 10 % (Fuente: Metrogas S.A)
- Como inversión necesaria para la conversión e instalación, se tomó como ejemplo la adquisición de una cocina y un cálefon. A su vez, se asumió que el cliente accede al servicio dentro del período previsto.

[1] Se hace referencia a Metrogas S.A. puesto que es la única empresa distribuidora existente

- Se asume un plazo de 12 meses y un interés del 1,429 % mensual.
- Valor cálefon: $42.000; Cocina: $78.000

Con los datos anteriores, se calculó una cuota mensual de $ 10.953, que con los ahorros mensuales de $ 1.328, nos da un plazo de recuperación de la inversión de 8,2 años. (Ver Anexo N º 3)

Dadas las características del gas natural, su uso proveerá una vida útil mayor a los artefactos, llegando incluso a duplicarla (Metrogas S.A.). A su vez, considerando una duración promedio de los artefactos a gas corriente de aproximadamente 10 años (estimación propia), el tiempo de recuperación de la inversión es conveniente para el cliente, permitiéndole después del octavo año, flujos de ahorro positivos.

Cabe destacar, que cuando el cliente se incorpora dentro de los plazos de conversión y sus artefactos no tienen problemas para ser convertidos (son relativamente nuevos), los flujos de ahorro son positivos desde el primer mes de uso.

Estimaciones de Conversión

El mercado Residencial y Comercial constituye cerca del 10 % de la demanda proyectada para el año 1997. Se estima que su crecimiento es de más de seis veces durante los próximos veinte años del proyecto.

Dentro de este plazo, Metrogas se propone abastecer a más de 600.000 hogares en la Región Metropolitana.

Actualmente, existen 620.000 hogares en las comunas que proyecta abastecer Metrogas (ver anexo N ° 12), que corresponde al 58 % del total de hogares en la provincia de Santiago. (Fuente: I.N.E)

Si se considera una tasa de crecimiento conservadora de la construcción del 8 % anual, el primer año se abastecerá aproximadamente el 22 % del mercado. El segundo año se abastecerá un 24 %, llegando en el tercer año al 27 % del total. El cuadro (10), muestra la proyección de la demanda:

CUADRO (10): Demanda Estimada Hogares

Año	Total hogares (1)	Clientes (2)	Porcentaje del Total
1997	620.000	140.000	22,58
1998	669.600	170.000	25,39
1999	723.168	210.000	29,04
2000	781.021	240.000	30,73
2001	843.503	260.000	30,82
2002	910.983	280.000	30,74
2003	983.862	300.000	30,49
2004	1.062.571	330.000	31,06
2005	1.147.576	350.000	30,50
2010	1.239.383	480.000	38,73
2015	1.338.534	610.000	45,57
2017	1.445.616	670.000	46,35

Fuente: Elaboración propia
(1) Estimado sobre la base de una taso de crecimiento del 8 % anual
(2) Datos Anexo N ° 12

Como se puede ver en el cuadro (10), entre los años 2000 y 2005, la conversión de hogares crece al mismo ritmo que la construcción, logrando abastecer al 30 % del mercado. Para el año 2017, aproximadamente la mitad de los hogares de Santiago, se abastecerán de gas natural.

Cabe destacar, que la demanda y los porcentajes de conversión, están estimados bajo el supuesto que no entra otra empresa distribuidora al mercado. En al caso que entre otra empresa, sin duda que el porcentaje de hogares convertidos aumentaría en una proporción importante, por la mayor competencia implicando baja de precios y mejores servicios.

Ventajas

Los beneficios más importantes que tiene el gas natural en el uso residencial y comercial, destacan los siguientes:

- Reduce los gastos de mantención de los artefactos, pues la combustión del Gas Natural es completa, por lo tanto no deja residuos que ensucien los artefactos, prolongando su vida útil.
- Es más cómodo, ya que se obtiene a través de la red con un suministro continuo, evitándose solicitar el envío de un cilindro de Gas Licuado. Por otro lado, evita la preocupación de quedarse sin gas.
- Es más seguro, debido a que al ser más liviano que el aire, en caso de fuga, este combustible sube a través de la ventilación a la atmósfera, evitando acumulaciones peligrosas.

Desventajas

- La necesidad de artefactos relativamente nuevos para realizar la conversión a Gas Natural.
- El menor poder calorífico que tiene en relación con el gas licuado, lo que implica un mayor consumo para igualar el mismo resultado.

5.2. - Sector Industrial

En este sector, el Gas Natural competirá directamente con combustibles derivados del petróleo.

La conexión al Gas Natural en las industrias requiere de un estudio técnico realizado por la empresa distribuidora, quien ofrece la tecnología y asesoría necesaria para la conversión de los equipos.

Este estudio consiste en un análisis físico que determine si el sector donde se encuentra ubicada la industria es apto para la conexión de las cañerías internas, que van desde la fábrica a la red de distribución.

Luego, si se cumplen los requisitos para la conexión interna, el estudio proporciona información sobre los equipos existentes y los gastos asociados a la conversión y/o cambios de equipos.

Dado lo anterior, el cliente queda en libertad de aceptar o rechazar este servicio. En caso de ser aceptado, los gastos relacionados con la red interna serán financiados por la propia industria, y los gastos relacionados con la red externa, los medidores, reguladores, tecnología y asesoría serán financiados por la Empresa distribuidora.

Evaluación (Ver Anexo N º 4)

Para la evaluación se tomó como ejemplo una empresa que utiliza:

- Un equipo a kerosene
- Una caldera diesel
- Una caldera a fuel oil # 5

La empresa tiene un consumo anual de 40, 679 y 859 toneladas de kerosene, diesel y fuel oil respectivamente.

Al convertir sus equipos a gas natural, se puede observar en la evaluación que la empresa ahorra anualmente en combustibles y en costos operacionales un total de US$ 118.634, lo que implica un ahorro mensual de US$ 9.886. (Ver Anexo N º 4.2)

Si se consideran los ahorros y una inversión por conversión de US$ 85.000, la empresa tiene un plazo de recuperación lineal de 10 meses. (Ver Anexo N º 4.4)

Por su parte, con un horizonte de 10 años y a una tasa de descuento del 10 %, el proyecto arroja un VAN de US$ 625.428 y una rentabilidad (TIR) de un 123 %.

Como se puede observar, la conversión de los equipos y calderas por parte de la empresa, genera flujos de ahorro positivos desde el primer año de puesta en marcha del proyecto.

Cabe destacar, que Metrogas ofrece un financiamiento para la inversión requerida a una tasa del 8 % anual. En el caso que la empresa tome el crédito por 12 meses, la cuota mensual asciende a US$ 7.383. Si se compara con los ahorros mensuales, se puede observar que la empresa obtiene flujos positivos aún en los períodos de pago del crédito. (Ver Anexo N º 4.3)

Ventajas

- La combustión del Gas Natural no deja residuos sólidos ni líquidos en quemadores y tuberías, permitiendo aumentar la vida útil de los equipos y logrando una operatibilidad ininterrumpida de ellos.
- No necesita almacenamiento.

- Los montos destinados a mantenimiento y almacenamiento pueden ser aprovechados de una manera más eficiente. El necesitar grandes cantidades de stock para un

funcionamiento óptimo, implica tener montos de dinero paralizados con un gran costo de oportunidad.

A su vez, por muy estudiados que estén dichos stocks para minimizarlos, siempre lo superará, tanto técnica como económicamente, el pago de consumo efectivo y la no necesidad de almacenamiento que se deriva del uso del gas natural, logrando un máximo de eficiencia en la asignación de los recursos liberando capital de trabajo y activos fijos.

- **Maximización de la eficiencia:** La eficiencia o el rendimiento al quemar Gas Natural es mayor que la de otros combustibles, pues permite una regulación perfecta y constante del exceso de aire para la combustión. Por su parte, la oxidación del combustible (rendimiento de quemado) es prácticamente total, lo que permite maximizar la eficiencia de los recursos utilizados en combustible por este concepto. (cuadro (9))

- **Fácil automatización y mayor flexibilidad:** La regulación del flujo de Gas Natural, se puede automatizar en forma sencilla y precisa para mantener constante la temperatura o la presión al variar la producción. También se puede seguir fácilmente un programa preestablecido de calentamiento (perfil de temperatura), lo que facilita la automatización de diversos procesos.

El caudal del suministro de calor es regulable a través del accionamiento de una válvula, lo que le otorga una gran flexibilidad, sobre todo si se compara con combustibles sólidos como el carbón o la leña.

- **Permite encendido y apagado instantáneo:** A diferencia de los combustibles sólidos, la combustión del Gas Natural, puede detenerse instantáneamente tan pronto como cese la demanda de calor, lo que lo hace muy adecuado y económico para cargas variables e intermitentes y le permite ahorrar combustible.

- **Fácil localización de la entrega de calor:** El calor puede aplicarse exactamente donde y cuando sea requerido, lo que se traduce en importantes ahorros de energía.

- **Seguridad Operacional:** El Gas Natural es más liviano que el aire, por lo cual asciende rápidamente, permitiendo su fácil evacuación, reduciendo así los peligros de explosión. Para aumentar la seguridad en la operación, se le incorpora un olorizante, el cual permite una fácil detección ante eventuales fugas. Opcionalmente se puede incorporar al sistema "Detectores de Fuga".

Por lo tanto, la conversión a gas natural en el sector industrial, es indudablemente un buen proyecto.

Estimación de Conversión

Para la estimación del número de industrias que se convertirán a gas natural, se entrevistó a profesionales de la empresa Metrogas S.A., que tienen directa relación con los proyectos de conversión. En estas conversaciones los profesionales dieron a conocer las metas de conversión industrial para los próximos años. Estas metas las expresaron en términos porcentuales como muestra el cuadro (11). Explicaron que estos porcentajes son estimaciones realizadas a partir de los registros de Proceff. Por ejemplo, un 50 % de la conversión a gas natural quiere decir que si las empresas registradas por Proceff se ordenan de mayor a menor consumo de energía, las primeras empresas que sumen el 50 % del consumo energético total, se convertirán a gas natural.

Cuadro (11): Conversión a Gas natural

Año	Porcentaje convertido a gas natural (En función del consumo energético)
Fines 1997	50 %
Fines 1998	75 %
Fines 1999	80 %
Fines 2000	90 %

Fuente: Metrogas S.A.

En cuanto al número de industrias que existen actualmente en el mercado, fueron consideradas las que utilizan calderas, hornos y/o procesos industriales contaminantes. Se seleccionó este tipo de industrias debido a que son el grupo objetivo en el sector industrial,

y son éstas las más beneficiadas por la conversión debido al monto de los ahorros que obtienen. (Anexo N ° 4.2)

Para estimar la conversión, se consideró un crecimiento de la actividad industrial del 6 % anual. Esta suposición permite estimar el crecimiento en el número de industrias para cada año.

Con la información anterior, se confeccionó el cuadro (12), el cual muestra la proyección de industrias que se convertirán a gas natural:

Cuadro (12): Conversión de Empresas

Año	Porcentaje de Conversión (1)	N ° Empresas (2)
1997	50 %	147
	50 %	3.794
	total	3.941
1998	75 %	491
	25 %	3.687
	total	4.178
1999	80 %	630
	20 %	3.799
	Total	4.428
2000	90 %	1.120
	10 %	3.573
	Total	4.694

Fuente: Elaboración propia
(1) Del cuadro (11)
(2) Considera un incremento en el número de empresas del 6 % anual

Es importante destacar que las metas propuestas por Metrogas son muy factibles de ser cumplidas. Si se observa el porcentaje de conversión para 1997 (cuadro (11)), éste corresponde a un 50 % e involucra a 147 empresas. A la fecha en que se escribe este trabajo (julio 1997), existen aproximadamente 140 contratos de suministro firmados con las principales empresas de Santiago, aparte de las evaluaciones por confirmar.(Fuente: Metrogas)

Al observar el cuadro (12), se puede concluir que dentro de tres años, aproximadamente el 24 % de la industria (1.120 de 4.694) estará convertido a gas natural, lo que implica un alto grado de penetración de este energético en el mercado. Esto trae consigo, un importante impacto sobre los precios de la matriz energética, haciéndolos más competitivos y por lo tanto, logrando una importante mejora en la productividad de la industria chilena.

5.3. - Area de Generación Eléctrica [1]

En este sector, el uso del gas natural esta dirigido a la generación de energía termoeléctrica.

La generación termoeléctrica convencional opera con una mezcla de petróleo grueso y carbón. La tecnología utilizada es un proceso denominado "Ciclo Abierto" y consiste en la obtención de energía a partir de la combustión del carbón en calderas generadoras de vapor, evacuando los gases resultantes de esta combustión, previamente filtrados, a la atmósfera. El rendimiento de este proceso con la utilización de carbón, es de un 36 %.

El proceso de ciclo abierto con la utilización de gas natural, tiene un rendimiento de un 35 %, muy similar al proceso con carbón.

Lo que hace factible la utilización del gas natural, es que puede ser utilizado en un ciclo combinado, alcanzando un rendimiento del 55%.

[1] Fuente de datos: Eléctrica Santiago S.A., filial de Chilgener

La eficiencia del ciclo combinado se debe al aprovechamiento de los gases de altas temperaturas producidos durante la combustión del gas natural en la turbina, los cuales son transportados y utilizados para la generación de vapor.

Para la evaluación económica, se tomó la conversión de una caldera a carbón con un consumo equivalente al de la Central Nueva Renca para 1988.

En el Anexo N ° 5, se pueden observar los resultados de la evaluación del proyecto. La caldera tiene un consumo anual de 1.776.000 toneladas de carbón, equivalentes a 1.198.000 m^3 de gas natural. (El consumo estimado de la Central Nueva Renca para 1998 es de 1.216.000 m^3 GN; ver Anexo N ° 1)

En la evaluación, se pueden apreciar ahorros por un monto de US$ 26.918 anuales. A su vez, dada una inversión de US$ 64.539 a un horizonte de 10 años, el proyecto presenta un VAN (10%) de US$ 105.668, una TIR de 38 % y un plazo de recuperación de 31,1 meses, lo que muestra la conveniencia económica de utilizar el gas natural en procesos que funcionan con calderas a carbón. (Ver Anexos N ° 5.2, 5.3 y 5.4)

Actualmente, se está desarrollando el proyecto Central Nueva Renca, el que consiste en instalar una unidad de ciclo combinado que produzca energía eléctrica a partir del gas natural, con alta eficiencia y bajo impacto ambiental.

A su vez, se están desarrollando otros proyectos a parte de la Central que corresponden a las plantas Termoeléctricas de ciclo combinado de San Isidro y Nehuenco. Sin embargo, el proyecto Nueva Renca es el único que entrará a operar en 1997.

5.4. - Sector Automotor

En este sector, el gas natural puede sustituir a dos tipos de combustibles: gasolina automotriz y petróleo diesel.

La gasolina automotriz, se utiliza principalmente en vehículos livianos como son los autos particulares, taxis, camionetas, etc. En cambio, el petróleo diesel se emplea en los vehículos pesados como camiones y buses de transporte público principalmente.

Para evaluar el uso sustituto del gas natural, se analizará primero la gasolina y luego el petróleo diesel, para los mercados respectivos.

i) Gasolina automotriz v/s Gas Natural

Un análisis de las diferencias del Gas Natural comprimido (GNC) con la gasolina, nos permiten concluir las ventajas y desventajas de este combustible con las correspondientes implicaciones técnicas:

CUADRO (13): GNC v/s Gasolina

	G.N.C M^3 (15° C,1 Atm)	GASOLINA Lts (15° C,1 Atm)
Gravedad específica Kgs/M^3 Lts.	0,730	0,75-0,77
Poder calorífico KgCal/M^3 Lts.	9,474	8,123
Número octano	126	93-97
Rango inflamación en aire	5-15%	2-7%
Temperatura ignición	704° C	427° C
Consumo relativo a 1 Lt. de gasolina	0,82-0,83	1,0
Precio de venta público Sept. 1996.	$ 145	$ 226-235
Poder calorífico KgCal.	9.300	9.123
Eficiencia en un motor Ciclo Otto.[1] Lt.	820	1

Fuente: COPEC S.A

[1] Motor a gasolina convencional para automóviles.

El cuadro N º 13, muestra la gravedad específica de 1 m^3, o sea, de 1.000 lts. de gas en condiciones normales, el cual es similar a la de 1 litro de gasolina. Por lo tanto, para tener una cantidad adecuada y poder reemplazar a la gasolina, el gas debe ser comprimido.

El gas natural se almacena en cilindros de 90 lts. de capacidad que equivalen a 22,5 m^3 de gas, que sirven para recorrer 180-220 Km. Esta autonomía equivale a 27 lts de gasolina.

Si se considera que los estanques de gasolina pueden almacenar aproximadamente 60 litros, la autonomía de un cilindro es demasiado baja. Lo anterior, sumado a la necesidad de almacenarlo en cilindros de 50 a 80 kg representa las principales desventajas en el uso de este combustible.

Por otra parte, en el cilindro del motor el gas natural por su baja densidad ocupa más volumen que la gasolina, lo que implica una carga menor de aire/combustible, perdiéndose potencia de 10 a 15 %. (Fuente: COPEC S.A)

Otro dato importante que se observa en el cuadro N º 13, es que el m^3 de GNC tiene mayor poder calorífico que el litro de gasolina, lo que implica un mejor rendimiento al comparar ambos combustibles en estas unidades de medida. A su vez, el GNC tiene un número de octano de 126 v/s 97-93 de la gasolina, lo que permite un funcionamiento suave del motor y optimizar el rendimiento.

Junto con lo anterior, se puede observar que el rango de inflamación y la temperatura de ignición del gas natural son más altos que los de la gasolina, haciéndolo menos peligroso en caso de escape. Al mismo tiempo, el alto rango de ignición implica dificultad en la partida a baja temperatura, por lo que se requiere un sistema de encendido óptimo.

Desde un punto de vista económico, al observar la evaluación del Anexo N ° 6 y el valor de adquisición del Kit, la conversión a gas natural de los vehículos livianos es solamente viable para aquellos de uso intensivo, con un requerimiento de aproximadamente 42.000 Km. para la recuperación de la inversión.

Los vehículos de uso intensivo son taxis, colectivos, vehículos de reparto y similares, que en la Región Metropolitana son del orden de unos 40.000 vehículos.

Para el caso de los vehículos livianos, especialmente de uso intensivo, existen tres formas de introducción de gas natural:

a) Incorporación de vehículos nuevos a gas natural
b) Conversión de vehículos livianos que cumplen certificación de emisiones (con sello verde).
c) Conversión de vehículos livianos sin certificación de emisiones (vehículos viejos).

El primer caso es el más simple puesto que existen las condiciones legales para el ingreso de vehículos nuevos a gas natural. Estos deberán venir con certificaciones de fabrica, homologadas en Chile, que acrediten el nivel de emisiones y seguridad exigidos.

La conversión de vehículos certificados, es más compleja. Al igual que cualquier conversión, presenta incertidumbre sobre las condiciones de seguridad del vehículo. Por lo tanto, se debe acreditar que las condiciones de seguridad no se alteran. Por otro lado, las certificaciones con que cuentan estos vehículos son validas para las características de diseño originales. Cualquier alteración de dichas características altera las condiciones para las cuales fue certificado y por ende no asegura el cumplimiento de los niveles de emisión.

El uso de un combustible para el cual el vehículo no fue optimizado, con la consecuente intervención de un Kit que permite usar dicho combustible, son cambios importantes en las condiciones originales de los vehículos. Por lo tanto, para que las personas opten por realizar la conversión, se debe demostrar que los niveles de emisiones y seguridad para los cuales fue certificado el vehículo no se altera negativamente, y que dichos niveles se mantienen en el tiempo.

Finalmente, la conversión de vehículos viejos se encuentra en un escenario menos claro aún. Las consideraciones anteriores también son válidas aquí, con el agravante de que parte de estos vehículos ya han perdido algunas de sus características originales en ese

sentido. No existe una experiencia válida en relación con el efecto en la reducción de emisiones, por lo cual es imposible formarse una opinión al respecto en este tipo de vehículos.

ii) Petróleo Diesel v/s Gas Natural

En el cuadro (14) se detallan las características de cada combustible en particular:

Cuadro (14): GNC v/s Diesel

	GNC	DIESEL
Poder calorífico KgCal/M^3 Lts.	9.300	9.180
Número octano/cetano	120	45
Límite de inflamación %	5 – 15	0,6 – 5,5
Energía por masa MJ/kg	2,94	2,87
Temperatura autoencendido °C	540	225
Eficiencia en un motor Ciclo Otto Litros	970	1

Fuente: Lab. Emisiones Gaseosas; U.Catolica.

El gas natural, al igual que para los vehículos livianos, es necesario comprimirlo en cilindros para ser utilizado.

Como se puede observar en el cuadro (14), la relación entre diesel y gas natural es de 1 a 0,97 litros respectivamente, lo que muestra una mayor eficiencia en el combustible utilizado. A su vez, el mayor poder calorífico de un m^3 de gas natural, implica un mayor rendimiento en la combustión.

También se pude observar, que el límite de inflamación y la temperatura de autoencendido son mayores en el caso del gas natural, haciéndolo menos peligroso ya que necesita una mayor concentración para crear mezclas explosivas y una mayor temperatura. La alta temperatura del autoencendido, también implica una mayor dificultad de encendido con bajas temperaturas.

Los ahorros en mantención derivados de la conversión a gas natural, son muy similares a los obtenidos en el caso de los vehículos a gasolina, sin embargo, el precio del diesel es un 13 % más bajo que el del gas natural, por lo que económicamente no es conveniente el cambio. (Anexo N º 7)

Los cambios requeridos para la conversión de diesel a gas natural, tiene un costo aproximado de 2 veces el kit del automóvil, lo que implica un monto de $ 1.300.000.

Dada esta inversión, el plazo de recuperación sería de 273.000 kilómetros aproximadamente. (Ver Anexo N º 7)

Nuevamente estas características condicionan el empleo de este combustible a vehículos de uso intensivo, que en este caso corresponde a buses de transporte público, urbano, con un parque en la ciudad de Santiago del orden de los 9.500 vehículos.

Para el caso del parque de buses, existen tres formas de introducir el gas natural: (fuente: CONAMA y Copec S.A.)

a) Reemplazo de vehículos viejos por buses nuevos originalmente diseñados a gas natural
b) Reemplazo en vehículos existentes de motores diesel por motores a gas natural
c) Conversión de motores diesel existentes a motores que usen gas natural

De estas tres alternativas, la que presenta mayor seguridad en sus resultados. Además, cuenta con la ventaja de que los vehículos nuevos cuentan con el respaldo de los fabricantes sobre sus niveles de emisión y características de seguridad.

El reemplazo de motores, si bien puede tener similares resultados en emisiones que la introducción de vehículos nuevos, si se respetan algunas características técnicas de potencias mínimas y relaciones de transmisión, presenta el inconveniente que deben realizarse modificaciones a la carrocería del vehículo para poder incorporar el estanque de combustible. Estas modificaciones, dependiendo como se realicen, pueden influir sobre las condiciones de seguridad del vehículo.

Finalmente, la conversión de motores diesel es altamente compleja, pues requiere de intervenciones mayores al motor, de modo que sus resultados en emisiones y seguridad son altamente inciertos e irreproducibles entre un motor y otro transformado.

Por lo anterior, la evaluación de vehículos diesel a gas natural debe orientarse a las dos primeras alternativas, pues en ellas se pueden asegurar beneficios ambientales y el respeto de los niveles de seguridad establecidos.

Ventajas Sector Automotor

- Tiene mayor poder calorífico, lo que se traduce en un mejor rendimiento disminuyendo el gasto de combustible en la relación $/Km.
- Aumenta la vida útil del motor.
- Reduce los tiempos transcurridos entre cambios de aceite.
- Aumenta la duración del silenciador y tubos de escape.
- Posee mayor octanaje, con lo que se obtiene un mejor rendimiento y funcionamiento del motor.
- Es menos peligroso en caso de escape, ya que el rango de inflamación y temperatura son más altos.

Desventajas sector Automotor

- Poca autonomía
- Pérdida de potencia: El cilindro del motor a Gas, por su baja densidad ocupa más volumen que la gasolina, por lo que tenemos una carga menor de aire/combustible, perdiéndose potencia de 10 a 15 %.
- Pérdida de capacidad de almacenamiento del móvil, al instalar el equipo en el "Portamaletas".

- Dificultad de la partida en bajas temperaturas.
- No se pueden estacionar los vehículos en lugares bajo nivel o subterráneos, ya que ante un posible escape de Gas, si no existe ventilación adecuada se puede llegar a formar mezclas explosivas.
- El alto impuesto que pagan los vehículos que utilizan GNC, que se paga de forma anual y no en relación con el consumo real. (Ver Anexo N º 8). Este último punto no se tomó en cuenta en la evaluación, puesto que será cambiado a la fecha en que comiencen las conversiones de automóviles.

Una desventaja general para el uso del gas natural, es su indexación en relación con los combustibles sólidos, lo que en cierta medida le impide ser un combustible estable en sus precios y estar completamente dentro del marco de diversificación de los derivados del Petróleo (líquidos) ampliando la matriz energética del país. (Fuente: Eléctrica Santiago S.A. filial Chilgener)

6. - IMPACTO AMBIENTAL [1]

La calidad del aire se mide a través de la cantidad de contaminación existente en él. A su vez, la cantidad de contaminación depende de tres factores:

- E = Emisiones: Mide los contaminantes totales que llegan a la atmósfera, ya sea de Fuentes fijas, Automotores y Polvo natural.
- R = Retorno: Son las emisiones que retornan a la tierra.
- V = Ventilación: Emisiones que se ventilan a la atmósfera.

Si definimos la cantidad de contaminación en el aire igual a C, ésta quedaría definida de la siguiente manera:

$$C = E - R - V$$

Los principales contaminantes ambientales producto de la combustión son: el material particulado (MP), los óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y el monóxido de carbono.

[1] Fuente de datos: Metrogas S.A. , Transgas S.A.

i) El material particulado tiene dos componentes:

- Cenizas, que provienen del contenido de minerales de los combustibles
- Carboncillo y hollín, que provienen de una combustión incompleta producto de:

a) Una imperfecta combustión de los combustibles líquidos o partículas arrastradas sin quemarse en el caso de los combustibles sólidos.

b) Una imperfecta mezcla del combustible con el aire.

c) Falta de aire y/o dimensiones insuficientes del fogón para la potencia del quemador.

El gas natural, dada sus características esta libre de cenizas y se mezcla de una forma fácil y completa con el aire no requiriendo atomización.

Lo anterior implica una disminución de las emisiones de material particulado. Según estimaciones de Metrogas, al utilizar gas natural en vez de carbón o petróleo, estas emisiones disminuyen de aproximadamente 100 mg/m^3 a cifras del orden de 10 a 20 mg/m^3.

ii) Oxidos de Nitrógeno:

Los principales mecanismos de formación de NO_x son los siguientes:

a) El contenido de compuestos nitrogenados en los combustibles, los cuales se oxidan fácilmente dando origen a los NO_x.

b) El contenido de Nitrógeno en el aire, el cual se disocia para reaccionar con el oxígeno del aire. Este mecanismo, requiere de temperaturas mayores a 1.500 ºC.

El gas natural no posee compuestos nitrogenados, por lo cual, el primer mecanismo de origen de NO_x se anula, reduciendo en forma importante estas emisiones.

iii) Oxidos de Azufre:

El único mecanismo para la formación de SO_x es la combustión de los compuestos sulfurados contenidos en el combustible. El gas natural no los posee, por lo que su utilización reduce en un 100% su emisión.

iv) Compuestos Orgánicos Volátiles y de monóxido de Carbono:

Estos se originan por una combustión incompleta, falta de aire de combustión o temperatura insuficiente del fogón. Sin embargo, una gran parte de los COV provienen de solventes utilizados en procesos y en los hogares y no de la combustión.

El gas natural posee una combustión completa con un bajo requerimiento de aire lo que implica una disminución de parte de las emisiones. En cuanto a los solventes utilizados en los procesos en los hogares, no existen datos representativos que permitan calcular con precisión su reducción. Sin embargo, teóricamente el gas natural favorece la disminución de COV.

6.1. - Cuadro comparativo de emisiones

Para poder calificar los combustibles en relación a cuales emiten más o menos de algún contaminante en particular, es necesario compararlos usando factores de emisión que estén expresados en términos del consumo energético. Por ejemplo, la combustión de una tonelada de leña genera en términos de energía útil aproximadamente la cuarta parte de lo que genera la combustión de una tonelada de petróleo pesado (PC #6).

Cuadro (15): Emisiones por Combustible

Combustible	MP (mg/Mcal)	SO_x (mg/Mcal)	NO_x (mg/Mcal)	CO (mg/Mcal)	COV (mg/Mcal)
Gas Natural	8,57	1,14	190,48	39,29	15,24
Gas Ciudad	24,15	70,05	96,62	821,26	24,15
Gas Licuado	11,65	26,62	399,27	66,54	11,65
Kerosene	28,9	307,04	288,97	72,24	8,43
Diesel	27,8	1.378,41	278	69,50	8,11
PC # 5	128,74	5.096,15	708,1	64,37	21,16
PC # 6	337,28	5.053,83	702,22	63,84	21,28
Carbón	1.347,07	6.022,19	1.085,58	396,2	8,72
Leña	1.203,85	14,85	300,96	2.728,73	44,14

Fuente: Gamma Ingenieros S.A.

De este cuadro, se puede concluir que si se ordenan los combustibles de menor a mayor contaminante emitido por unidad de energía (Mcal. Superior), el gas natural es el que emite menos MP, SO_x y CO, es el segundo en la emisión de NO_x, superándolo el gas de ciudad; y es el quinto en la emisión de COV. El siguiente cuadro, ordena los combustibles de menor a mayor emisión para cada uno de los contaminantes:

Cuadro (16): Combustibles ordenados por Cantidad de Emisiones

Orden	MP	SO_X	NO_X	CO	COV
1°	Gas Natural	Gas Natural	Gas Ciudad	Gas Natural	Diesel
2°	Gas Licuado	Leña	Gas Natural	PC # 6	Kerosene
3°	Gas Ciudad	Gas Licuado	Diesel	PC # 5	Carbón
4°	Diesel	Gas Ciudad	Kerosene	Gas Licuado	Gas Licuado
5°	Kerosene	Kerosene	Leña	Diesel	Gas Natural
6°	PC # 5	Diesel	Gas Licuado	Kerosene	PC # 6
7°	PC # 6	PC # 6	PC # 6	Carbón	PC # 5
8°	Leña	PC # 5	PC # 5	Gas Ciudad	Gas Ciudad
9°	Carbón	Carbón	Carbón	Leña	Leña

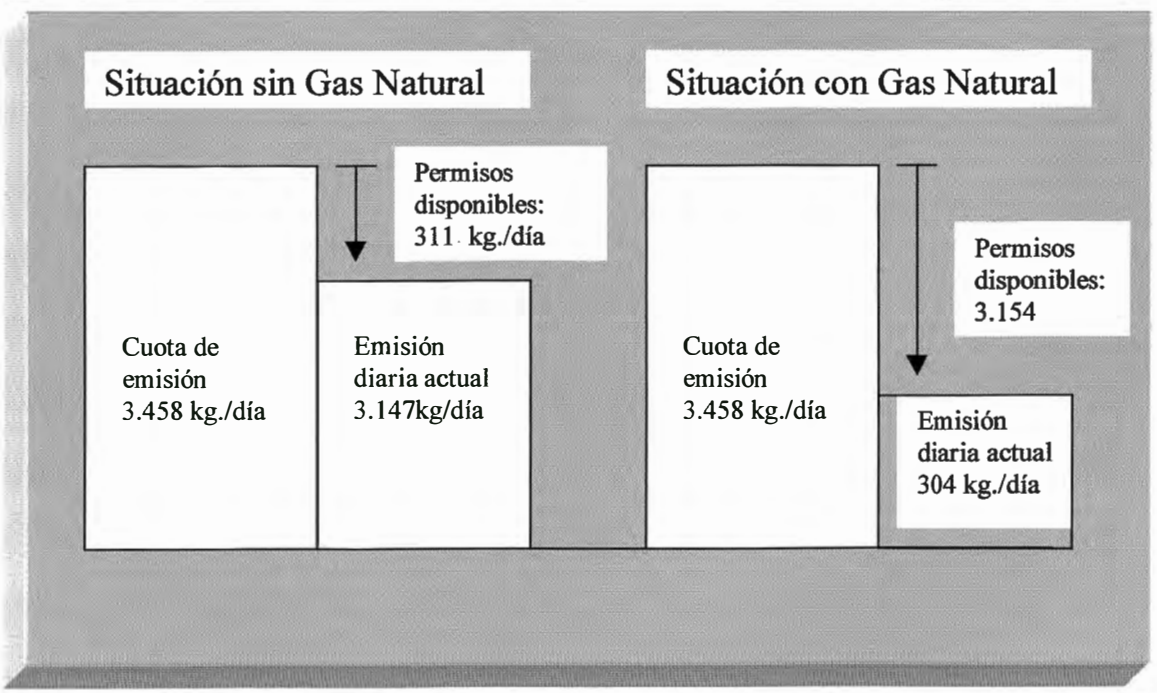
Desde un punto de vista global, el gas natural reduce de gran manera las emisiones de contaminantes, especialmente la de material particulado y óxidos de azufre.

Actualmente, los niveles de emisión máximos permitidos (cuotas de emisión), deben ser cumplidos dentro de un plazo y según un sistema de compensación de emisiones. Este último tiene por finalidad mantener un nivel fijo de emisiones máximo, impidiendo que el ingreso de nuevas fuentes implique un aumento en el total de emisiones de la Región Metropolitana.

Los permisos disponibles de emisión, son la diferencia entre el nivel máximo de emisión y lo realmente emitido por las fuentes.

Si todas las fuentes fijas existentes se cambiaran a gas natural, los permisos inicialmente disponibles en la Región Metropolitana podrían aumentar aproximadamente en un 914 % (de 311 a 3.154 kg./día), manteniendo los actuales niveles de emisión de material particulado de las fuentes fijas y permitiendo un mayor crecimiento industrial. El cuadro (17) muestra el incremento de los permisos con la utilización del gas natural:

Cuadro (17): Cuotas de Emisión y Permisos Disponibles



Fuente: Proceff

Cabe mencionar, que la actual normativa para las fuentes fijas no regula los potenciales aumentos en los niveles de emisión de otros contaminantes igualmente importantes desde el punto de vista de la salud de las personas, como son: NO_X , SO_X , CO y COV, siendo en este último el Gas Natural un importante participante en las emisiones. (Ver cuadros 15 y 16)

CONCLUSIONES

La primera impresión que se desprende de la llegada del gas natural, es el cambio en la matriz energética del país, aumentando las alternativas de generación de energía. Esto, sin duda que tendrá implicancias en el perfil de la competencia, aumentándola, con los consecuentes impactos sobre los precios en el mercado energético.

La industria nacional será uno de los sectores más privilegiados económicamente. Sus costos operacionales se reducirán considerablemente, lo que implica aumentos de productividad, logrando una mayor competitividad en los distintos mercados.

Si bien Chile es un país privilegiado en la generación hidroeléctrica, su dependencia tiene grandes implicancias en el desarrollo del país, hecho que quedó demostrado con la última sequía. Si tomamos en cuenta que este fenómeno es de carácter cíclico, el país debe implementar y/o reforzar tecnologías alternativas para la generación eléctrica, y es el uso del gas natural en las centrales termoeléctricas, una respuesta acorde y consecuente con las políticas de uso de energéticos alternativos que impliquen ahorros, diversificación e impactos ambientales positivos.

A su vez, el desarrollo del país también se ve afectado por el aspecto ambiental. Con los actuales niveles de emisiones, el país ha debido enfrentar las consecuencias económicas que se derivan de la paralización de un gran número de industrias durante los días de pre-emergencia ambiental (el 15 de Julio del presente año, se paralizaron 104 industrias producto del alto nivel de contaminación). Sin duda, el país necesita tecnologías y procesos menos contaminantes, y es ahí donde la introducción del gas natural se presenta como una buena alternativa.

Los beneficios que se desprenden del uso del gas natural, no están limitados a las centrales termoeléctricas (motivo principal de su llegada a Chile) y a las industrias. Además, tiene una amplia gama de aplicaciones tanto en el hogar como en el transporte, mejorando la eficiencia, disminuyendo la contaminación y por ende, mejorando la calidad de vida de las personas.

Si bien, la introducción del gas natural se presenta como una solución a la necesidad de diversificación y uso eficiente de la energía, no debe ser considerada como única alternativa de solución. Es importante que el país incentive y promueva el uso de nuevos energéticos, que permitan ampliar aún más las fuentes de generación, y de esta forma, lograr una mayor flexibilidad ante la escasez de alguno de los energéticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Balances Nacional de Energía 1975 – 1996, Chile, Comisión Nacional de Energía
- Fuentes No Convencionales y Usos Eficientes de la Energía, Situación Actual y Perspectivas. Comisión Nacional de Energía, 1994
- El Sector Energía en Chile, Comisión Nacional de Energía, 1993-1996
- El Sector Eléctrico en Chile, Comisión Nacional de Energía, 1996
- Desarrollo Energético y Medio Ambiente, Comisión Nacional de Energía, 1992
- Consecuencias Ambientales de la incorporación del gas natural en las fuentes fijas de la región metropolitana, Universidad Católica, 1996
- Gamma Ingenieros Limitada; manual de diseño de conversión industrial a gas natural, 1996.
- Programa de control de emisiones de fuentes fijas, Proceff.
- Gas de Chile S.A. – Gasoducto Trasandino S.A.; Gas Natural para todo Chile, folleto GC/GT1, 1994.
- Metrogas S.A.; Folletos informativos.
- Metrogas S.A.; Evaluaciones de proyectos incorporación Gas Natural.
- Edición Especial "Gas Natural"; El Mercurio, 27 de Junio de 1997.
- Edición Especial "Gas Natural para Chile"; La Estrategia, 2 de Julio de 1997
- Gasto Mensual por Hogar; Instituto Nacional de Estadísticas (I.N.E)
- Método de calculo de la variación del índice de precios al consumidor; I.N.E

- Eléctrica Santiago S.A.; Folleto informativo "Central Nueva Renca"
- Gas Natural Comprimido; Dinamotor
- Natural Gas, Technical Data Book; AGL Gas Company.
- Seminario Transporte Público: Gas Natural y Contaminación, Fundación de la Energía y Comisión Nacional de la Energía, Octubre 1996.

ANEXOS

ANEXO N º 1

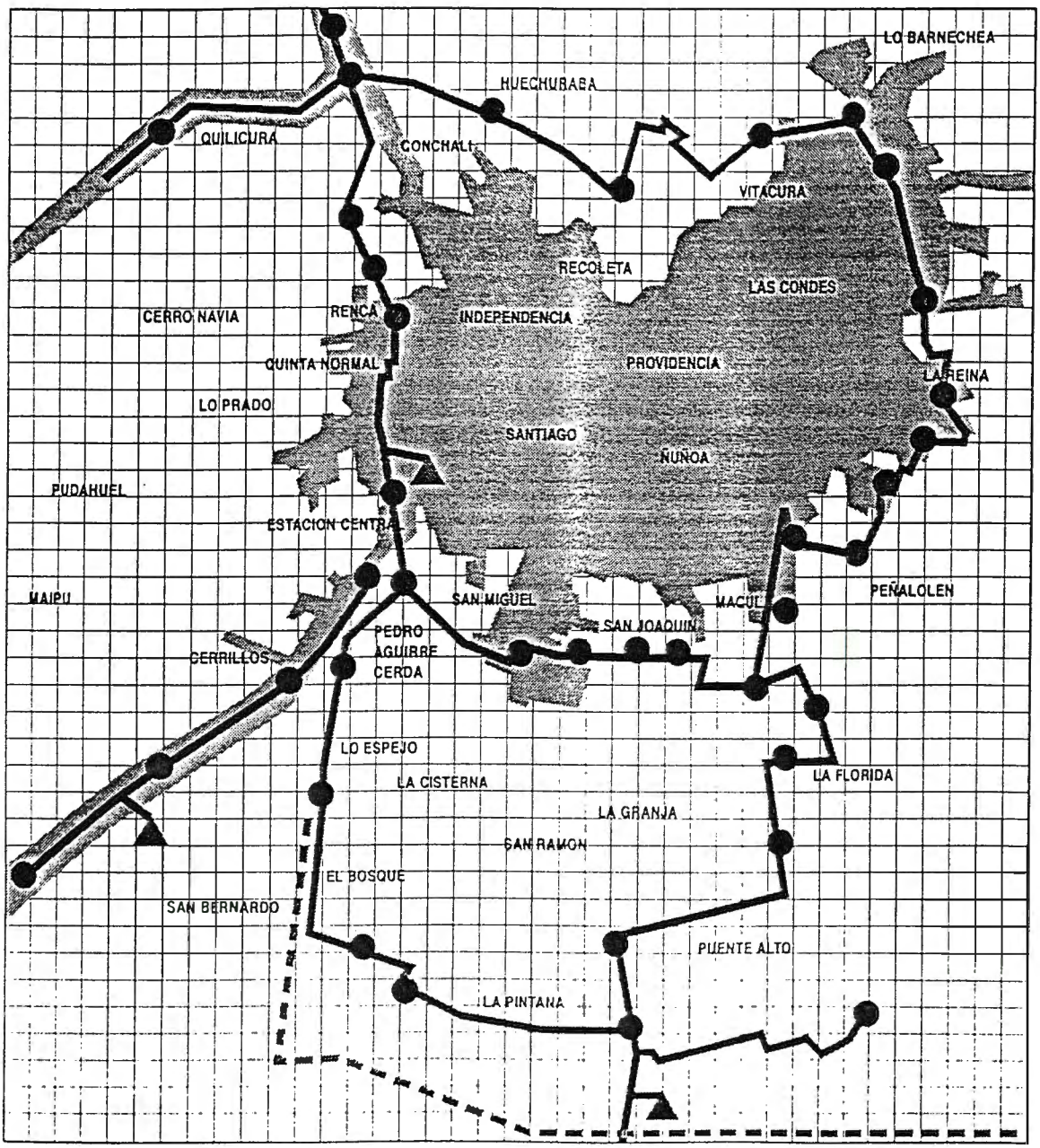
año	Industrias	%	Residencial y Comercial	%	Transporte	%	Generacion Electrica	%	Total
1997	862	**47,4%**	212	**11,6%**	4	**0,2%**	742	**40,8%**	1.820
1998	989	**39,7%**	273	**11,0%**	13	**0,5%**	1.216	**48,8%**	2.491
1999	1.228	**44,6%**	336	**12,2%**	23	**0,8%**	1.164	**42,3%**	2.751
2000	1.263	**34,7%**	397	**10,9%**	34	**0,9%**	1.942	**53,4%**	3.636
2001	1.301	**29,7%**	459	**10,5%**	46	**1,1%**	2.573	**58,8%**	4.379
2002	1.339	**22,6%**	520	**8,8%**	58	**1,0%**	4.014	**67,7%**	5.931
2003	1.377	**22,6%**	583	**9,6%**	73	**1,2%**	4.047	**66,6%**	6.080
2004	1.416	**23,1%**	644	**10,5%**	89	**1,5%**	3.973	**64,9%**	6.122
2005	1.459	**20,8%**	706	**10,1%**	106	**1,5%**	4.742	**67,6%**	7.013
2006	1.501	**19,6%**	767	**10,0%**	125	**1,6%**	5.282	**68,8%**	7.675
2007	1.545	**19,1%**	830	**10,2%**	174	**2,1%**	5.551	**68,5%**	8.100
2008	1.589	**17,3%**	891	**9,7%**	214	**2,3%**	6.515	**70,7%**	9.209
2009	1.636	**16,4%**	953	**9,6%**	251	**2,5%**	7.120	**71,5%**	9.960
2010	1.683	**14,0%**	1.014	**8,5%**	289	**2,4%**	8.999	**75,1%**	11.985
2011	1.732	**13,7%**	1.077	**8,5%**	326	**2,6%**	9.480	**75,1%**	12.615
2012	1.693	**12,8%**	1.139	**8,6%**	363	**2,8%**	10.002	**75,8%**	13.197
2013	1.836	**13,1%**	1.200	**8,6%**	400	**2,9%**	10.552	**75,4%**	13.988
2014	1.890	**12,8%**	1.262	**8,6%**	438	**3,0%**	11.132	**75,6%**	14.722
2015	1.944	**12,6%**	1.324	**8,5%**	475	**3,1%**	11.744	**75,8%**	15.487
2016	2.000	**12,3%**	1.386	**8,5%**	513	**3,1%**	12.390	**76,1%**	16.289

Fuente: Gasandes S.A.

GasNatural METROGAS S.A.

ANEXO N º 2.1

TRAZADO DE LA RED MATRIZ DE DISTRIBUCION DE GAS NATURAL



ESTACIONES REGULADORAS

PERIMETRO RED DE GAS DE CIUDAD

RED MATRIZ DE DISTRIBUCION GAS NATURAL

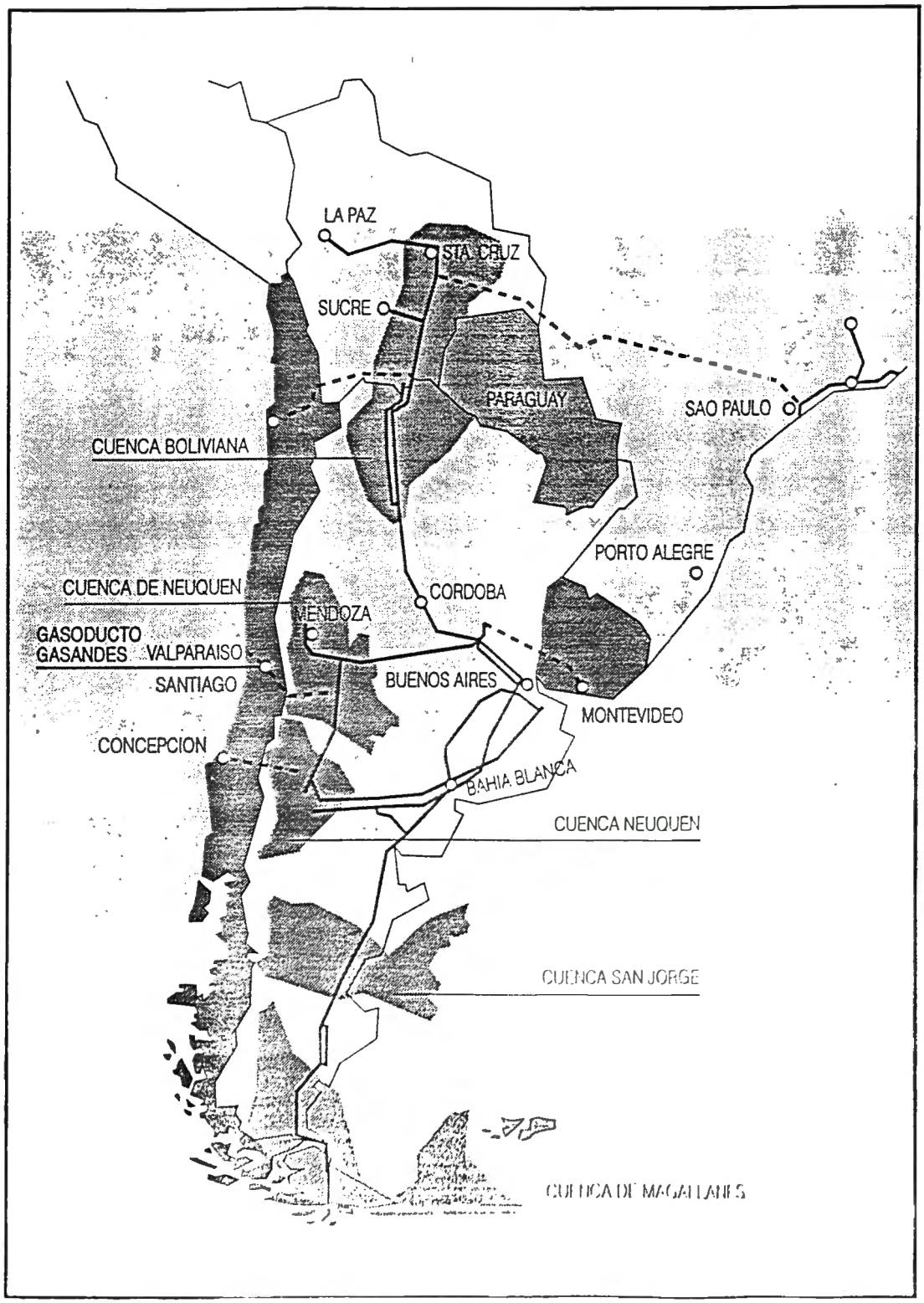
TUBERIA DE TRANSMISION GAS NATURAL

PLANTAS DE RESPALDO DEL SISTEMA GAS NATURAL

GasNatural METROGAS S.A.

ANEXO N º 2.2

SISTEMA GASIFERO INTERCONECTADO CONO SUR



ANEXO N º 3

Calefon	$	42.000
Cocina	$	78.000
Total	$	120.000

Tasa		1,429% mensual
Plazo		12 meses
Cuota	$	10.953

Plazo recuperación (*) 8,24 años

Calculo Plazo recuperación Lineal

Cuota x 12	$	131.436	a)
Ahorro anual	$	15.936	b)

Plazo recuperacion a) : b) = 8,24

ANEXO N º 4.1

CONSUMOS DE COMBUSTIBLES Y EQUIVALENCIA EN GAS NATURAL

	COMBUSTIBLES A SUSTITUIR		
	KEROSENE EQUIPO	DIESEL CALDERA	FUEL OIL # 5 CALDERA
CONSUMO ANUAL ESTIMADO (TON)	40	679	859
PODER CALORIFICO SUPERIOR (KCAL / KG)	11.100	10.900	10.340
EFICIENCIA GLOBAL TIPICA (%)	80%	76%	76%
CONSUMO CALORICO (10^6 BTU SUP. / AÑO)	1.761	29.351	35.224
CONS. CALORICO EQUIV. GN (10^6 BTU SUP./ AÑO)	1.830	28.969	34.766
CONSUMO EQUIVALENTE GN (10^3 m3 / AÑO)	50	785	943
PRECIO COMPRA (US$ / 10^6 BTU SUP.)	6,20	5,30	4,10
PRECIO COMPRA GN (10^6 BTU SUP.)	2,98	2,98	2,98

CONSUMO MEDIO GN (10^3 m3 / AÑO)	1.778
CONSUMO CAL. MEDIO (10^6 BTU SUP. / AÑO)	66.335
CONS. CAL. MEDIO EQUIV. GN (10^6 BTU SUP. / AÑO)	65.565

NOTAS

EFICIENCIA GLOBAL GN SUPERIOR (%): 77%

ANEXO N º 4.2

COMBUSTIBLE	CONSUMO CALORICO ANUAL (10^6 BTU SUP. /	PRECIO (1) (US$ / 10^6 BTU	COSTO ANUAL (US$
KEROSEN	1.761	6,20	10.917
DIESEL	29.351	5,30	155.558
FUEL OIL # 5	35.224	4,10	144.417
TOTAL COMBUSTIBLES	66.336		**310.892**
GAS NATURAL (2)	65.565	2,98	196.953
AHORROS OPERACIONALE	35.224	0,13	(4.695)
TOTAL GAS NATURAL			**192.258**
AHORRO TOTAL CLIENTE EN COMBUSTIBLE (US$ / AÑO)			**118.634**
		AHORRO MENSUAL	**9.886**

(1) PRECIO SIN IVA
(2) INCLUYE COSTO FIJO MENSUAL DE US$ 120
(3) GASTOS DE LA EMPRESA POR CONSEPTOS DE FILTROS, MANGAS, MANTENCION Y ADMINISTRATIVOS

ANEXO N º 4.3

INVERSIONES REQUERIDAS

ITEM	INVERSION TOTAL (US$) (**)	INVERSION METROGAS (US$)	INVERSION EMPRESA (US$)	DEPREC. (AÑOS)
EMPALMES (*)	2.000	2.000	0	15
MED.Y REGULADOR (**)	25.000	25.000	0	5
RED INTERIOR	16.000	0	16.000	30
QUEMADORES	55.000	0	55.000	15
CONVERSION CALDERAS	11.000	0	11.000	10
CONVERSION EQUIPOS	3.000	0	3.000	10
TOTAL	**112.000**	**27.000**	**85.000**	

NOTAS
(*) PROPIEDAD DE METROGAS
(**) PRECIOS SIN IVA

MONTO A FINANCIAR (US$)	**85.000**
INTEREA ANUAL BASE UF (%)	**8,00%**
INTERES MENSUAL (%)	**0,64%**
NUMERO CUOTAS	**12**
CUOTA MENSUAL (US$)	**7.383**

Notas
* Credito en UF mas interes anual del 8%
* Notar los ahorros mensuales mayores que la cuota

ANEXO N º 4.4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORROS CONS. GN (*)	0,00	118,63	122,19	125,85	129,63	133,52	137,52	141,65	145,90	150,28	154,79
DEPRECIACION INVERS.	0,00	(5,60)	(5,60)	(5,60)	(5,60)	(5,60)	(5,60)	(5,60)	(5,60)	(5,60)	(5,60)
INTERESES FINANC.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MARGEN BRUTO	0,00	113,03	116,59	120,25	124,03	127,92	131,92	136,05	140,30	144,68	149,19
IMPUESTO (15%)	0,00	(16,95)	(17,49)	(18,04)	(18,60)	(19,19)	(19,79)	(20,41)	(21,04)	(21,70)	(22,38)
MG BRUTO DESPUES IMP.	0,00	96,08	99,10	102,22	105,43	108,73	112,14	115,64	119,25	122,98	126,81
DEPRECIACION INVERS.		5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
MG. NETO PROYECTO	0,00	101,68	104,70	107,82	111,03	114,33	117,74	121,24	124,85	128,58	132,41
INVERSIONES	(85,00)										
VALOR RESIDUAL INVERS.	0,00										29,00
FLUJO CAJA NETO	**(85,00)**	**101,68**	**104,70**	**107,82**	**111,03**	**114,33**	**117,74**	**121,24**	**124,85**	**128,58**	**161,41**

(*)CRECIMIENTO ANUAL ESTIMADO **3%**

*** VAN (10%)** **: 625,428 US$**
*** RECUPERACION INVERSION LINEAL** **: 10 MESES**
*** TIR** **: 38%**

ANEXO N º 5.1

CONSUMOS DE COMBUSTIBLES Y EQUIVALENCIA EN GAS NATURAL

	COMBUSTIBLE A SUSTITUIR
	CARBÓN CALDERA
CONSUMO ANUAL ESTIMADO (TON)	1.776
PODER CALORIFICO SUPERIOR (KCAL / KG)	6.900
EFICIENCIA GLOBAL TIPICA (%)	70%
CONSUMO CALORICO (10^6 BTU SUP. / AÑO)	48.597
CONS. CALORICO EQUIV. GN (10^6 BTU SUP./ AÑO)	44.179
CONSUMO EQUIVALENTE GN (10^3 m3 / AÑO)	1.198
PRECIO COMPRA (US$ / 10^6 BTU SUP.)	3,03
PRECIO COMPRA GN (10^6 BTU SUP.)	3,02

CONSUMO MEDIO GN (10^3 m3 / AÑO)	1.198
CONSUMO CAL. MEDIO (10^6 BTU SUP. / AÑO)	48.597
CONS. CAL. MEDIO EQUIV. GN (10^6 BTU SUP. / AÑO)	44.179

NOTAS

EFICIENCIA GLOBAL GN SUPERIOR	77%
PODER CALORÍFICO	9.300

ANEXO N ° 5.2

INVERSIONES REQUERIDAS

ITEM	INVERSION TOTAL (US$) (**)	INVERSION METROGAS (US$)	INVERSION EMPRESA (US$)	DEPREC. (AÑOS)
EMPALMES (*)	328	328	0	15
MED.Y REGULADOR (**)	16.977	16.977	0	5
RED INTERIOR	12.586	0	12.586	30
QUEMADOR DUAL	29.024	0	29.024	15
CONVERSION CALDERA	15.488	0	15.488	10
OTROS	7.440	0	7.440	30
TOTAL	**81.843**	**17.305**	**64.538**	

NOTAS
(*) PROPIEDAD DE METROGAS
(**) PRECIOS SIN IVA

MONTO A FINANCIAR (US$)	35.000
INTEREA ANUAL BASE UF (%)	8,00%
INTERES MENSUAL (%)	0,64%
NUMERO CUOTAS	12
CUOTA MENSUAL (US$)	1.108

Notas
* Credito en UF mas interes anual del 8%
* Notar los ahorros mensuales mayores que la cuota

ANEXO N º 5.3

COMBUSTIBLE	CONSUMO CALORICO ANUAL (10^6 BTU SUP/AÑO)	PRECIO (1) (US$ / 10^6 BTU SUP.)	COSTO ANUAL (US$ / AÑO)
CARBÓN	48.597	3,03	147.279
TOTAL COMBUSTIBLES	48.597		**147.279**
GAS NATURAL (2)	44.179	3,02	134.454
AHORROS OPERACIONALES (3)	48.597	0,29	(14.093)
TOTAL GAS NATURAL			**120.361**
AHORRO TOTAL CLIENTE EN COMBUSTIBLE (US$ / AÑO)			**26.918**
		AHORRO MENSUAL	**2.243**

(1) PRECIO SIN IVA
(2) INCLUYE COSTO FIJO MENSUAL DE US$ 80
(3) GASTOS EMPRESA POR CONSEPTOS DE FILTROS, MANGAS, MANTENCION Y ADMINISTRATIVOS

ANEXO N º 5.4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHORROS CONS. GN (*)	0,00	26,92	27,73	28,56	29,42	30,30	31,21	32,14	33,11	34,10	35,12
DEPRECIACION INVERS.	0,00	(4,15)	(4,15)	(4,15)	(4,15)	(4,15)	(4,15)	(4,15)	(4,15)	(4,15)	(4,15)
INTERESES FINANC.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MARGEN BRUTO	0,00	22,77	23,58	24,41	25,27	26,15	27,06	27,99	28,96	29,95	30,97
IMPUESTO (15%)	0,00	(3,42)	(3,54)	(3,66)	(3,79)	(3,92)	(4,06)	(4,20)	(4,34)	(4,49)	(4,65)
MG BRUTO DESPUES IMP.	0,00	19,35	20,04	20,75	21,48	22,23	23,00	23,79	24,61	25,46	26,33
DEPRECIACION INVERS.		4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15
MG. NETO PROYECTO	0,00	23,50	24,19	24,90	25,63	26,38	27,15	27,94	28,76	29,61	30,48
INVERSIONES	(64,54)										
VALOR RESIDUAL INVERS.	0,00										29,00
FLUJO CAJA NETO	**(64,54)**	**23,50**	**24,19**	**24,90**	**25,63**	**26,38**	**27,15**	**27,94**	**28,76**	**29,61**	**59,48**

(*)CRECIMIENTO ANUAL ESTIMADO **3%**

*** VAN (10%)** **: 105,668 US$**
*** RECUPERACION INVERSION LINEAL** **: 32,1 MESES**
*** TIR** **: 38%**

ANEXO N º 6

	Rendimiento	Precio unitario.
Gasolina 93	10 Km / Lt	245 $ / Lt
GNC	12 Km / m3	157 $ / m3

Item	Km	Consumo	Precio Unitario	Gasto en 100 Km
Gasolina	100	10	245	2.450
Aceite	4.000	5	1.300	163
Filtros	8.000	1	16.500	206
Bujias	10.000	4	1.450	58
Ajuste	150.000	1	450.000	300
Total				3.177
GNC	100	8	157	1.303
Aceite	10.000	5	1.300	65
Filtros	20.000	1	16.500	83
Bujias	30.000	4	1.450	19
Ajuste	300.000	1	450.000	150
Total				1.620
AHORRO CADA 100 KM AL USAR GNC				1.557

Kit de conversión: $ 650.000
Recuperación : 42.000 kilometros aproximadamente.

ANEXO N º 7

	Rendimiento	Precio unitario.
Diesel	10 Km / Lt	137 $ / Lt
GNC	12 Km / m3	157 $ / m3

Item	Km	Consumo	Precio Unitario	Gasto en 100 Km
Diesel	100	10	137	1.366
Aceite	4.000	5	1.300	163
Filtros	8.000	1	16.500	206
Bujias	10.000	4	1.450	58
Ajuste	150.000	1	450.000	300
Total				2.093
GNC	100	8	157	1.303
Aceite	10.000	5	1.300	65
Filtros	20.000	1	16.500	83
Bujias	30.000	4	1.450	19
Ajuste	300.000	1	450.000	150
Total				1.620
AHORRO CADA 100 KM AL USAR GNC				473

Kit de conversion: $ 1.300.000

Recuperacion : 274.842 km. aproximadamente.

ANEXO N º 8

Reglamentos y Leyes que Afectan el uso del Gas Natural

- Decreto 11 (08 / 01 / 87) Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

Nch 2109

" Sistema para uso de Gas Natural Comprimido como combustible de vehículos motorizados – requisitos mínimos de seguridad".

Nch 2110 – 1986

" Estaciones surtidoras para Gas Natural Comprimido como combustible de vehículos motorizados – requisitos mínimos de seguridad".

- **Decreto 51 (31 / 03 /1987) Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones**

- Autoriza empleo Gas Natural Comprimido
- Certificación Planta Revisora clase A
- Certificado Talleres Autorizados
- Normas, multas y cambio de combustible

- Ley 18502 Ministerio de Hacienda

  Impuesto anual a beneficio fiscal, autos que transiten con GNC o LPG

  a) 1,43 x I 1,43 x I

  b) 3,21 x I 7,50 x I

  I = Impuesto específico por m^3 de gasolina = $ 100.780,43

Estas leyes y decretos establecen responsabilidades para los distintos actores, entregando al fabricante o importador el aprobar todos los elementos del

Kit en laboratorios de certificación, entregar catálogos en español y dar asesoría a talleres autorizados.

Los talleres deben cumplir con varios requisitos de espacio y herramientas, como contar con un ingeniero responsable que debe firmar los certificados de instalación, con los cuales se revisa el vehículo en la Planta Revisora clase A.

La Ley 18502, fija el impuesto que debe pagar un vehículo que disponga del sistema para usar Gas Natural o Gas Licuado, como suma anual fija. Es una fórmula dependiente del Impuesto Específico de la gasolina y del tipo de vehículo, siendo a la fecha de:

- $ 144.116 al año para vehículos particulares GNC
- $ 323.505 al año para taxis o vehículos de movilización colectiva GNC

ANEXO N º 9

Requerimientos Para Conversión En El Sector Automotor

Para que el sector vehicular pueda utilizar Gas Natural, es necesario instalar en el vehículo un "Kit de Conversión", el cual permitirá utilizar Gas Natural o gasolina indistintamente.

El "Kit de Conversión", incluye también el correspondiente cilindro para almacenar el Gas Natural, los cuales pueden ser de 50, 70 y 90 Kilos de capacidad, el cual se instalará en la parte posterior del móvil, destinada a la carga y conocida como "Portamaleta", en un marco o soporte de fierro fijo a la carrocería. El cilindro queda fijo y no es recambiable, desmontándose sólo para la recertificación que debe efectuarse cada 5 años.

En el caso de los vehículos de carga o mayores, se pueden utilizar varios cilindros de 50 Kilos bajo el chasis, que son de menos diámetro y más largos.

Cabe señalar que los gastos de conversión deben ser solventados por el usuario.

GASTO MENSUAL POR HOGAR

ANEXO Nº 10

DICIEMBRE 1987 a NOVIEMBRE 1988

(fuente : I.N.E " Gasto mensual por hogar y numero de hogares que realizaron gastos segun producto"
Datos del Gran Santiago que incluye Puente Alto y San Bernardo)

	Gasto Mensual $ Abril 1989	%	$ Mayo 1998
Gasto en Gas	4.148,27	2,00 %	13.283,10
Gas de Cañeria	1.533,94	36,98 %	4.911,80
Gas Licuado en Domicilio	1.994,50	48,08 %	6.386,55
Gas Licuado en Local Comercial	521,04	12,56 %	1.668,41
Gas Licuado en Estanque	98,77	2,38 %	316,27

* Quinto grupo quintil
* En pesos de Junio 1988
* El estudio hecho por el INE es cada 10 años, por lo que el proximo se entregara en 1998

Metodo de Calculo		
Calculo valores actualizados		
	Indice	(Base Abril 1989 = 100)
1) Junio 1998	89,32	
2) Mayo 1998	286,01	
3) Variacion %	220,21	
4) Calculo valor reajustado		
Variacion Porcentual	(((Indice mayo 1998 / indice junio 1988)) * 100)) - 100	
Valor Reajustado	Valor a resjustar * (1 + Variacion porcentual)	
Fuente : - " Metodo de calculo de variaciones del IPC ysu aplicacion en la reajustabilidad " (INE)		
- " IPC recalculado a la base Abril de 1989 = 100 " (INE)		

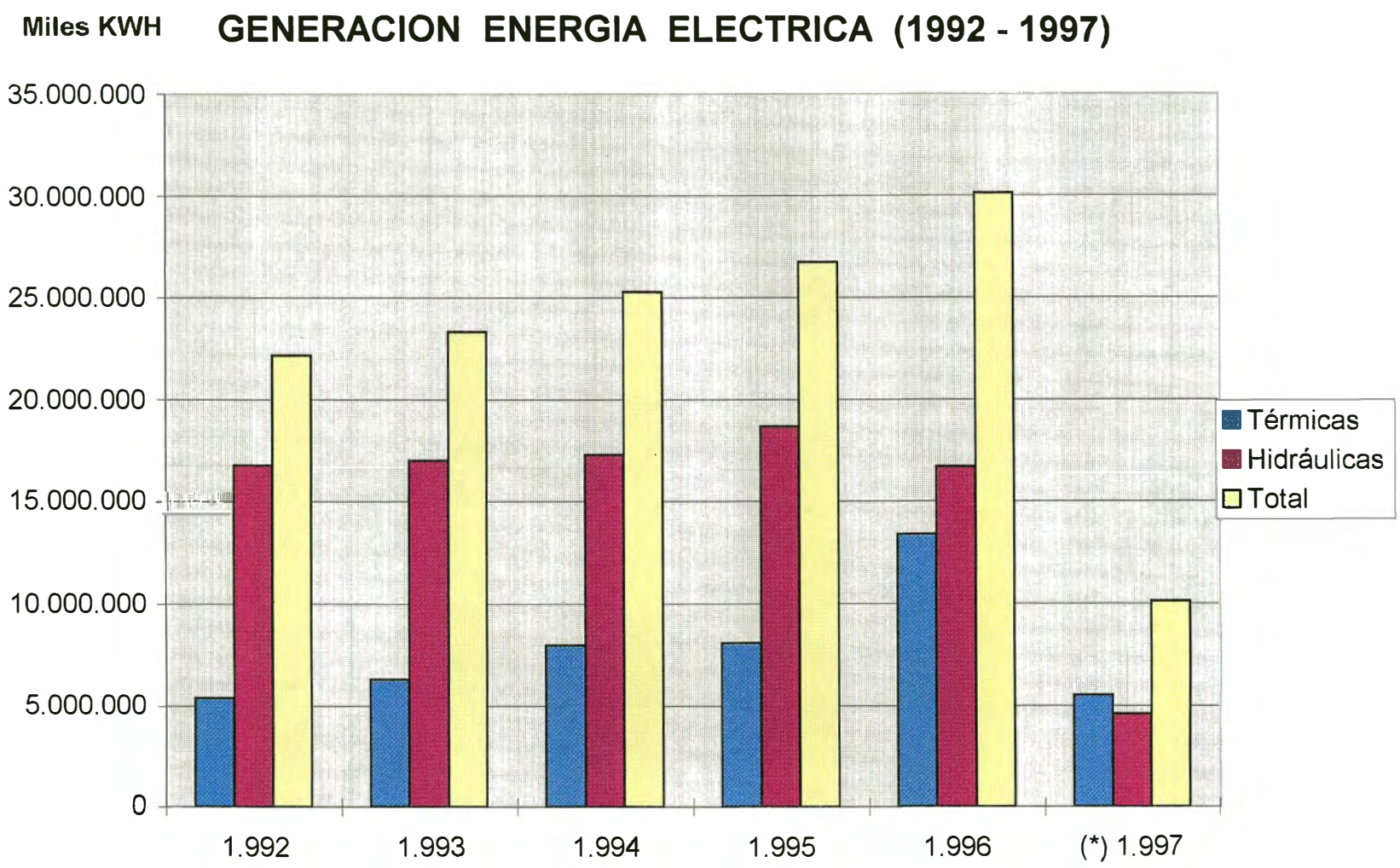
ANEXO N º 11.1

Generación Energía Eléctrica
(Fuente : I.N.E)

	Numero de Plantas		Generación de Energía Eléctrica (Miles KW/H)				
AÑO	Térmicas	Hidráulicas	Térmicas	%	Hidráulicas	%	Total
1.992	74	46	5.388.617	24,31%	16.778.663	75,69%	22.167.280
1.993	74	46	6.292.982	26,97%	17.038.942	73,03%	23.331.924
1.994	74	47	7.965.204	31,52%	17.301.931	68,48%	25.267.135
1.995	79	47	8.074.201	30,19%	18.668.265	69,81%	26.742.466
1.996	79	49	13.384.474	44,47%	16.714.339	55,53%	30.098.813
(*) 1.997	79	49	5.526.608	54,64%	4.587.119	45,36%	10.113.727
abril-1996			1.037.376	41,49%	1.462.673	58,51%	2.500.049
Ene - Abr 1996			3.923.271	39,30%	6.059.495	60,70%	9.982.766
abril-1997			1.461.003	57,35%	1.086.466	42,65%	2.547.469
Ene - Abr 1997			5.526.608	54,64%	4.587.119	45,36%	10.113.727
Variaciones							
Abril 1997 / 1996			40,80%		-25,70%		
Enero - Abril 1997 / 1996			40,90%		-22,00%		

(*) Datos Hasta Abril

ANEXO N º 11.2


Miles KWH
GENERACION ENERGIA ELECTRICA (1992 - 1997)
35.000.000
30.000.000
25.000.000
20.000.000
15.000.000
10.000.000
5.000.000
0
1.992
1.993
1.994
1.995
1.996
(*) 1.997
Térmicas
Hidráulicas
Total

ANEXO N º 12

Año	Clientes
1997	140.000
1998	170.000
1999	210.000
2000	240.000
2001	260.000
2002	280.000
2003	300.000
2004	330.000
2005	350.000
2010	480.000
2015	610.000
2017	670.000

Fuente: METROGAS S.A.