

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO**



Descripción del Proyecto para la Instalación del Servicio Público de Distribución de Gas Natural Domiciliario en La Selva Peruana y Métodos para la Valoración del Impacto Ambiental

**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS PARA  
OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE PETROLEO**

**ELABORADO POR:**

David Hugo Ingaruca Mendoza

**PROMOCION 1994**

**LIMA – PERU**

**2004**

“Con dedicación a mis padres por su apoyo y a mi hijita Ivette Cristina por darme las esperanzas de seguir esforzándome”.

# Índice

Índice	2
I. Sumario	3
II Objetivo del proyecto	5
III Ubicación del proyecto	6
IV. Fase de diseño	9
V. Generalidades del gasoducto	12
VI. Programa de construcción	26
VII. Estudio Económico	30
VIII. Métodos para la Valoración del Impacto Ambiental	35
IX. Conclusiones y Comentarios	42
X. Bibliografía	46

# I. SUMARIO

El análisis de las principales innovaciones que caracterizan los nuevos avances tecnológicos de la Industria de Gas Natural (IGN) revela un cambio radical en la base de conocimiento relevante en esa industria. El proceso de innovación actual requiere el manejo de gran número de tecnologías genéricas (tecnologías de la información, componentes electrónicos, telecomunicaciones, sensores y nuevos materiales y equipos), más complejas y basadas en la ciencia, cuya evolución depende básicamente del avance de las investigaciones científicas. Estas tecnologías han evolucionado en un ritmo acelerado, configurando un ambiente tecnológicamente inestable para el proceso de innovaciones.

No se puede decir que el proceso de cambio tecnológico haya resultado en formas estables de organización de la Industria del Gas Natural, al contrario, la nueva dinámica de innovaciones está lejos de haber configurado un estándar estable de desarrollo tecnológico y nuevas rupturas podrán ocasionar cambios radicales en las formas de organizar y estructurar la industria. La IGN<sup>1</sup> vive un periodo de gran mutación e inestabilidad. En este contexto, las empresas exitosas en el proceso de concurrencia de la IGN<sup>1</sup> serán justamente aquellas capaces de acompañar y anticipar el proceso de cambio tecnológico y sus impactos para el proceso de concurrencia de la industria. Es decir, inversiones sustanciales en Investigación y Desarrollo son más que nunca una condición necesaria al establecimiento de estrategias tecnológicas vencedoras.

De esta manera, considerando el número y densidad de las tecnologías que pueden causar impacto en la IGN<sup>1</sup>, pocas empresas tendrán capacidad de alcanzar una escala mínima capaz de explotar economías de escala y de convergencia en las inversiones en I. y D<sup>2</sup> Así, la cooperación tecnológica entre empresas del sector y entre empresas e instituciones públicas de investigación se presenta como una estrategia más adecuada para enfrentar los nuevos desafíos tecnológicos de la IGN<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Industria del Gas Natural

<sup>2</sup> Investigación y Desarrollo

Entre los combustibles derivados de petróleo, el gas natural es el que presenta el menor índice de contaminantes siendo, por lo tanto, el menos contaminante y el que acarrea menores costos de mantenimiento. Además, es el combustible ideal para usar en las turbinas de gas, que son los principales equipos especificados para atender el Programa Prioritario de Generación Eléctrica.

La concertación de un mercado nacional de gas, sin embargo, integrado al mismo tiempo con los demás, también puede traducirse en la concertación de algunos retos. El principal de ellos es el de la consolidación y perfeccionamiento de las reglas que fundamentan y circunscriben las relaciones comerciales en la industria del Gas, y de las reglas que se aplican en los demás países de la región.

En este período post monopolista estatal del País, en que los sectores de infraestructura energética comienzan a contar, paulatinamente, con una creciente participación del inversor privado, surge la necesidad de introducir reglas claras y bien definidas. Su propósito consiste en orientar el desarrollo de un mercado de competencia, que ofrezca alternativas para los consumidores, tenga un cierto grado de flexibilidad, de tal manera a incentivar las inversiones necesarias para asegurar el desarrollo y consolidación de ese mismo mercado.

Con el ánimo de darle un mejor uso a los recursos energéticos con que cuenta el Perú, se ha comenzado un proyecto integrado para la explotación comercial de un yacimiento de gas natural ubicado en Aguaytía en la selva central del Perú. Este proyecto incluye el abastecimiento con gas natural para la ciudad de Pucallpa, con el objeto de ayudar a disminuir el déficit energético de la región y brindarle a la comunidad la posibilidad de contar con un servicio eficiente, cómodo y seguro.

Aunque el gas natural es considerado como un valioso recurso energético a nivel mundial, no ha sido explotado en el Perú como combustible para uso doméstico, comercial e industrial, ni en desarrollar la industria petroquímica, salvo el suministro como combustible doméstico a la población de Talara, el mismo que se suspendió hace varios años, por razones técnicas. Recientemente se revivió este proyecto, con un pequeño plan piloto para 300 viviendas en Punta Arenas, de cuyo resultado dependerá la expansión al casco urbano de Talara.

La ciudad de Pucallpa puede convertirse en el primer proyecto comercial para la utilización del gas natural en Perú, dado que cuenta con una importante fuente de suministro como es el yacimiento de Aguaytía, localizado a corta distancia y que cuenta con suficientes reservas para garantizar el servicio por más de 20 años.

Se realizó un Estudio de Mercado, en un período de 8 meses, que abarcó más del 70% de los usuarios potenciales de Pucallpa. Este proyecto se basa en la experiencia de diseño de Consener S.A., en redes de distribución de gas para más de 3.500.000 usuarios en las principales ciudades Colombianas; en las normas técnicas sobre la materia, y en la utilización de especificaciones de construcción acordes con la realidad geográfica y socioeconómica de los países andinos.

## II OBJETIVO DEL PROYECTO

Entre los objetivos del presente trabajo debemos señalar los siguientes como los principales, sin que estos sean excluyentes ni, como hemos mencionado, exclusivos

- Contribuir a disminuir el déficit energético de la región.
- Brindarle a la comunidad la posibilidad de contar con un servicio eficiente, cómodo y seguro.
- Abastecer y satisfacer las necesidades energéticas de la población de los sectores doméstico comercial e industrial en la ciudad.
- Incentivar el desarrollo industrial de la ciudad de Pucallpa.

El proyecto pretende atender las necesidades energéticas domésticas de 40.000 usuarios, 1000 consumidores comerciales y 12 industrias, en la ciudad, utilizando el gas excedente de los ricos yacimientos de Aguaytía.

El abastecimiento de gas natural domiciliario a la ciudad permitirá la utilización racional del recurso, el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, un importante incremento en el empleo y la utilización de bienes y servicios, una disminución en los costos de la canasta energética, un importante ahorro de divisas, y el conocimiento de nuevas tecnologías que serán aplicables en el Proyecto de Camisea.

### III UBICACIÓN DEL PROYECTO

Ucayali es el departamento más joven del Perú. Fue declarado como tal el 18 de Junio de 1980, y es considerado la puerta de comunicación hacia la amazonía peruana. Posee una extensión de 102,411 Km<sup>2</sup>, siendo sus principales recursos la madera, las frutas y la fauna. El departamento tiene una población aproximada de 400.000 habitantes; su capital es la ciudad de Pucallpa, la cual cuenta con cerca de 200.000 habitantes, teniendo en cuenta los resultados del último censo poblacional y su alta tasa de crecimiento.

La parte norte se caracteriza por ser muy montañosa debido a la presencia de la "Cordillera Azul", en donde sobresale el cañón denominado "Boquerón del Padre Abad" el cual cuenta con hermosas cascadas, entre las que se destacan la llamada "Velo de novia" y "Manto de la Virgen". Al Sur - Occidente del departamento se encuentra la "Cordillera del Sira", que separa el río Ucayali del Pachitea y el Pichis.

Al Oriente de la Cordillera Azul se encuentran zonas planas de las cuales surgen algunas colinas. Hacia el límite con el Brasil se encuentra Contamana, con algunas colinas de cerca de 800 metros de altura.

Desde el punto de vista de distribución de agua, el río Ucayali proporciona la cantidad suficiente para cubrir todas las necesidades de riego superficial del departamento; es navegable a través de toda su extensión, y permite la llegada de barcos con un calado hasta de 8 pies. Sus principales afluentes son: el Cohenga, Tahuania, Sheshea, Pachitea y Aguaytia. También se encuentran algunos lagos importantes como el Yarinacocha, Unira y Chioa.

Pucallpa, la capital del departamento, se caracteriza por ser una ciudad pujante, siendo su principal actividad la agricultura y la industria maderera. Cumple dos funciones destacables: ser el puerto más importante sobre el río Ucayali y centro comercial por excelencia. La ciudad se encuentra localizada a una altura de 154 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas aproximadas son :

Latitud Sur                    08°23'00"

Longitud Oeste                74°32'15"



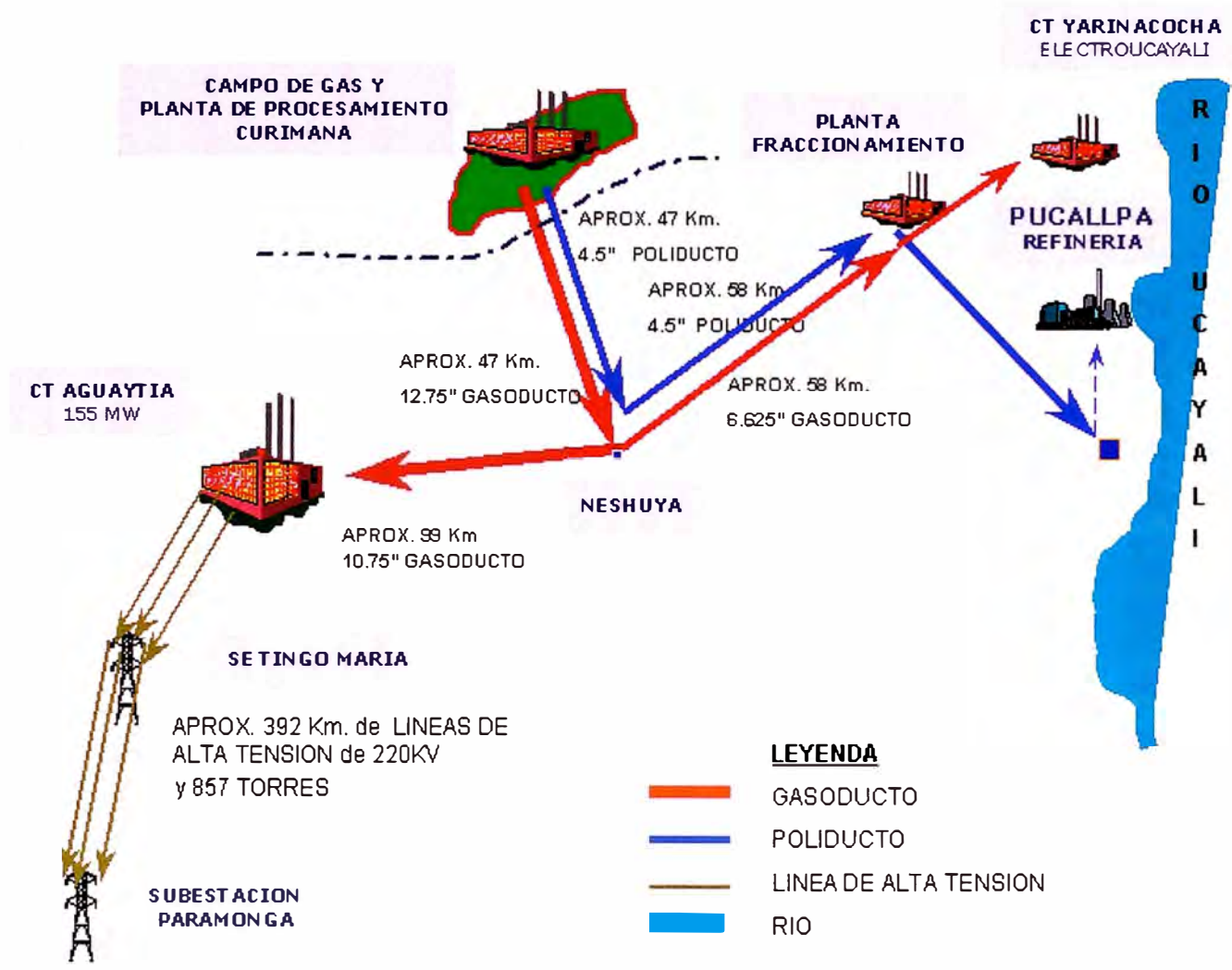
Fig. 1. Ubicación de la ciudad de Pucallpa dentro del Perú



Base: 800746; (R01044) 4-91



**Fig. 2. Proyecto Integral**



## **IV. FASE DE DISEÑO**

Para la implementación del servicio de gas domiciliario todas las redes de distribución en baja y alta presión se han diseñado de acuerdo con los requerimientos y limitaciones establecidas por las normas ANSI, ASTM, ASME, API y AGA.

Adicionalmente se han tomado como referencia las Normas Técnicas Colombianas, que se basan en las normas antes citadas, las cuales han sido acogidas como propias, pero adaptadas tanto en el lenguaje como en las especificaciones, unidades y características principales, a las condiciones locales de los países tropicales, siendo por lo tanto las más aconsejables para su utilización en el área andina.

Se han considerado diferentes factores característicos de la región, como sus hábitos de consumo, capacidad adquisitiva, índices de desempleo, combustibles a sustituir, actitud hacia el uso del gas, proyecciones de crecimiento poblacional, régimen de lluvias, estacionalidad del empleo, costos de los energéticos, oferta regional de crédito, etc.

### **IV.1. Estudio de mercado**

Se realizó un estudio de mercado basado en encuestas domiciliarias efectuadas durante un período de 8 meses, que abarcó más del 70% de los usuarios potenciales de la Ciudad, y se basa en la experiencia de diseño, en las redes de gas para más de 3.500.000 usuarios en las principales ciudades Colombianas, en las normas técnicas sobre la materia, y en la utilización de especificaciones de construcción acordes con la realidad geográfica y socioeconómica de los países andinos.

### **IV.2. Características de la demanda**

Aunque la ciudad tiene registrado en su casco urbano más de 40.000 predios urbanos, se efectuó un estudio de mercado puerta a puerta que permitió analizar las características y la intención de compra de 31.000 usuarios localizados en las zonas más densamente pobladas, y en las cuales existen otros servicios públicos.

Como resultado de estas encuestas se planificaron las etapas 1 y 2 de la Fase I quedando el resto de las viviendas urbanas para una tercera etapa, una vez se

consoliden las vías y otros servicios públicos y se logre una mayor concentración de usuarios potenciales en los lotes que actualmente presentan una densidad habitacional ciertamente reducida.

En el uso de combustibles en la ciudad, se destaca que aproximadamente un 75% utiliza GLP y Kerosene, siendo igualmente importante la participación de la biomasa (leña) con el 20,79%. En este sentido el gas natural representará un enorme beneficio ambiental al evitar el uso de la leña y otros combustibles contaminantes.

En lo referente a la preferencia por el gas natural, es importante señalar que sólo 2.348 encuestados, equivalentes al 7,56% de la muestra manifestaron no estar interesados en el servicio de gas domiciliario, principalmente por considerarlo peligroso, lo cual sólo demuestra una falta de conocimiento sobre las bondades de emplear este combustible.

En cuanto a los servicios públicos es interesante anotar que del total de la muestra, 5.464 indican que no cuentan con ningún servicio y sólo 1.611 tienen la totalidad de los servicios de agua, luz, teléfono y acueducto, las cuales están ubicados sobre las áreas comerciales principales de la ciudad. Así mismo, 9.381 usuarios que representan el 30,2 % de la muestra sólo tienen energía eléctrica como único servicio público.

Este resultado, evidentemente dramático, pone de presente la característica rural de la ciudad, el desplazamiento de núcleos poblacionales de bajos ingresos hacia el casco urbano de la ciudad, el bajo poder adquisitivo de la población y la poca importancia que en un momento dado le otorgan los habitantes a los servicios públicos y a las comodidades de la vida moderna, lo que desde luego representa un riesgo económico de magnitud considerable para el desarrollo del proyecto.

En resumen, se encontró que existe un grupo de 14.650 viviendas ubicadas en 3 sectores que presentan las mejores condiciones para la prestación del servicio, los cuales constituyen por lo tanto la primera etapa del proyecto y 16.400 usuarios localizados en áreas más dispersas que corresponden a la 2ª fase, la cual se llevará a cabo durante el tercer año del proyecto, esperándose que para entonces las condiciones generales, tanto de las viviendas como de las vías, los servicios públicos y los niveles de ingreso hayan presentado una mejoría considerable, como resultado de la demanda de bienes y servicios y el incremento poblacional que tendrá lugar en la ciudad como consecuencia de la reactivación de los yacimientos de gas de Camisea.

#### **IV.2.1. Demanda doméstica**

La demanda doméstica registrada se debe principalmente a la energía requerida para la cocción de alimentos, calentamiento de agua y demás actividades que involucren el uso del gas natural en cada una de las viviendas actuales y

proyectadas de la ciudad. Para un horizonte de 10 años se ha definido un consumo de 6 m<sup>3</sup>/h como consumo de diseño, basados en experiencias de otras regiones que ya cuentan con el servicio y poseen condiciones de vida similares.

#### **IV.2.2. Demanda comercial**

El estimado de uso del gas natural en el sector comercial se ha tomado como combustible en procesos calóricos tales como generación de vapor, horneado, calentamiento de agua, etc.

Este corresponde por lo general a pequeños establecimientos como panaderías, restaurantes, lavanderías, talleres de cerámica, casinos, laboratorios y similares, y otros de tamaño medio como clínicas, hospitales y establecimientos que no alcanzan la categoría de consumidores industriales ya que no llegan a un consumo de 30 m<sup>3</sup>/hora.

#### **IV.2.3. Demanda industrial**

Las industrias que pueden ser consideradas como consumidoras potenciales de Gas Natural en Pucallpa son doce, de las cuales la Cervecería San Juan S.A., por su ubicación, recibiría el gas directamente de la línea de transporte de gas, es decir del Gasoducto de 6" (Neshuya - Termoeléctrica Yarinacocha); el resto, constituidas principalmente por aserraderos y molinos de granos, la reciben de la línea de distribución de acero o de polietileno, dependiendo de su ubicación y consumo.

## V. GENERALIDADES DEL GASODUCTO

El Proyecto consiste en la utilización de aproximadamente 3.0 MPCD de gas natural del yacimiento de Aguaytía, para conducirlo hasta la ciudad de Pucallpa a través de un gasoducto de acero de 11.200 m de longitud, en tuberías de 2, 3, 4 y 6 pulgadas de diámetro, para posteriormente efectuar su distribución urbana para uso residencial, comercial e industrial, mediante dos estaciones de regulación y una red de polietileno de 573.258 m de longitud, con diámetros de  $\frac{3}{4}$ ", 3" y 4".

### V.1. Gas combustible

Fig 3. Manejo del Gas Natural por tuberías



#### V.1.1. Gas Natural

El gas natural es un combustible fósil encontrado en rocas porosas en el subsuelo, y se puede encontrar asociado o no al petróleo (fig. 4 y 5). Está compuesto por gases inorgánicos e hidrocarburos saturados, predominando el metano y, en menores cantidades, el propano y el butano entre otros.

Generalmente presenta bajos contenidos de contaminantes como el nitrógeno, dióxido de carbono, agua y compuestos de azufre. El gas natural permanece en el estado gaseoso, bajo presión atmosférica y temperatura ambiente.

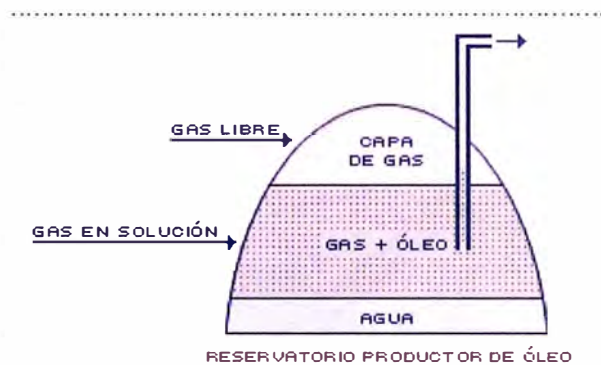
Más ligero que el aire, el gas natural se disipa fácilmente en la atmósfera en caso de vaciamiento. Para que se inflame, es preciso que sea sometido a una temperatura

superior a 620°C. A título de comparación, vale recordar que el alcohol se inflama a 200°C y la gasolina a 300°C. Además, es incoloro y inodoro, quemando con una llama casi imperceptible. Por cuestiones de seguridad, se pone olor con azufre en el GN comercializado.

### V.1.1.1. Gas Asociado

Es aquel gas que, en el reservorio, está disuelto en el petróleo o bajo la forma de capa de gas (Fig. 4). En este caso, la producción de gas es determinada directamente por la producción de petróleo. En el caso de que no hubiera condiciones económicas para la explotación, el gas natural es re-inyectado en el yacimiento o quemado, a fin de evitar la acumulación de gases combustibles próximos a los pozos de petróleo.

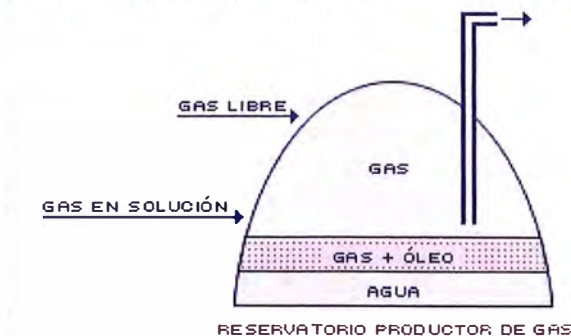
**Fig 4. Gas Asociado en el Reservorio**



### V.1.1.2. Gas No Asociado

Es aquel gas que, en el reservorio, está libre o junto a muy pequeñas cantidades de petróleo. En este caso, solo se justifica comercialmente producir el gas. Las mayores ocurrencias de gas natural en el mundo son de gas no asociado. El gas natural no asociado (Fig. 5), es más interesante desde el punto de vista económico, debido a la gran acumulación de propano y de hidrocarburos más pesados que generalmente lo acompañan.

**Fig 5. Gas no asociado en el reservorio**

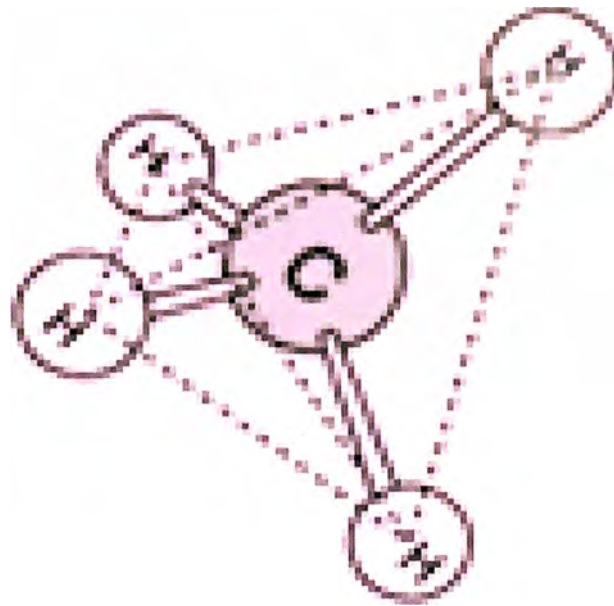




## V.2. Composición del Gas Natural

Su composición puede variar, dependiendo de si el gas está asociado o no al petróleo, o si ha sido o no procesado en unidades industriales. La composición básica incluye metano (ver fig. 6), etano, propano e hidrocarburos de mayor peso molecular (en menores proporciones). Generalmente presenta bajas proporciones de contaminantes como nitrógeno, dióxido de carbono, agua y compuestos de azufre.

Fig. 6. Estructura Molecular del Gas Metano



**Tabla I. Comparación del gas natural con otros gases**

	<b>GAS NATURAL</b>	<b>GLP</b>	<b>GAS DE CALLE (manufacturado)</b>	<b>GAS DE REFINERÍA</b>
<b>ORIGEN</b>	tanques de petróleo y de gas no-asociado	destilación del petróleo y procesamiento del gas natural	reforma termo-catalítica del gas natural o de nafta petroquímica	procesos de refinación del petróleo (craqueo catalítico, destilación, reforma y craqueo retardado)
<b>PESO MOLECULAR</b>	17 a 21	44 a 56	16	24
<b>PODER CALORÍFICO SUPERIOR (kcal /m<sup>3</sup>)</b>	rico : 10.900 procesado: 9.300	24.000 a 32.000	4.300	10.000
<b>DENSIDAD RELATIVA</b>	0,58 a 0,72	1,50 a 2,00	0,55	0,82
<b>PRINCIPALES COMPONENTES</b>	Metano, Etano	Propano, Butano	Hidrogênio, Metano, Nitrogênio, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono	Hidrogeno, Nitrogeno, Metano, Etano
<b>PRESIÓN MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO</b>	200 atm	15 atm	--	--
<b>PRINCIPALES USOS</b>	Residencial, comercial, automotor, generación termoeléctrica combustible industrial: (siderúrgica y materia prima de industria petroquímica)	Industrial, residencial y comercial (combustible)	Residencial y comercial (combustible)	Industrial (combustible y petroquímica)

El gas utilizado para abastecer las necesidades de la ciudad de Pucallpa proviene del yacimiento de gas de Aguaytía, ubicado en la selva central del Perú, siendo un gas residual o seco con un poder calorífico de 975 BTU/pie<sup>3</sup>.

El gas natural que requiere el Proyecto es explotado por la firma Aguaytía Energy que se encarga de la producción, procesamiento y separación de condensados. El uso básico del gas es la generación y transmisión de energía eléctrica, la cual es entregada al Sistema Interconectado Centro-Norte (SICN).

El procesamiento del gas natural permite la obtención de gasolina motor, kerosene, aceites combustibles (Diesel-2 y Residual-6), además de algunos solventes industriales. Adicionalmente se obtienen gases licuados del petróleo (GLP) con un

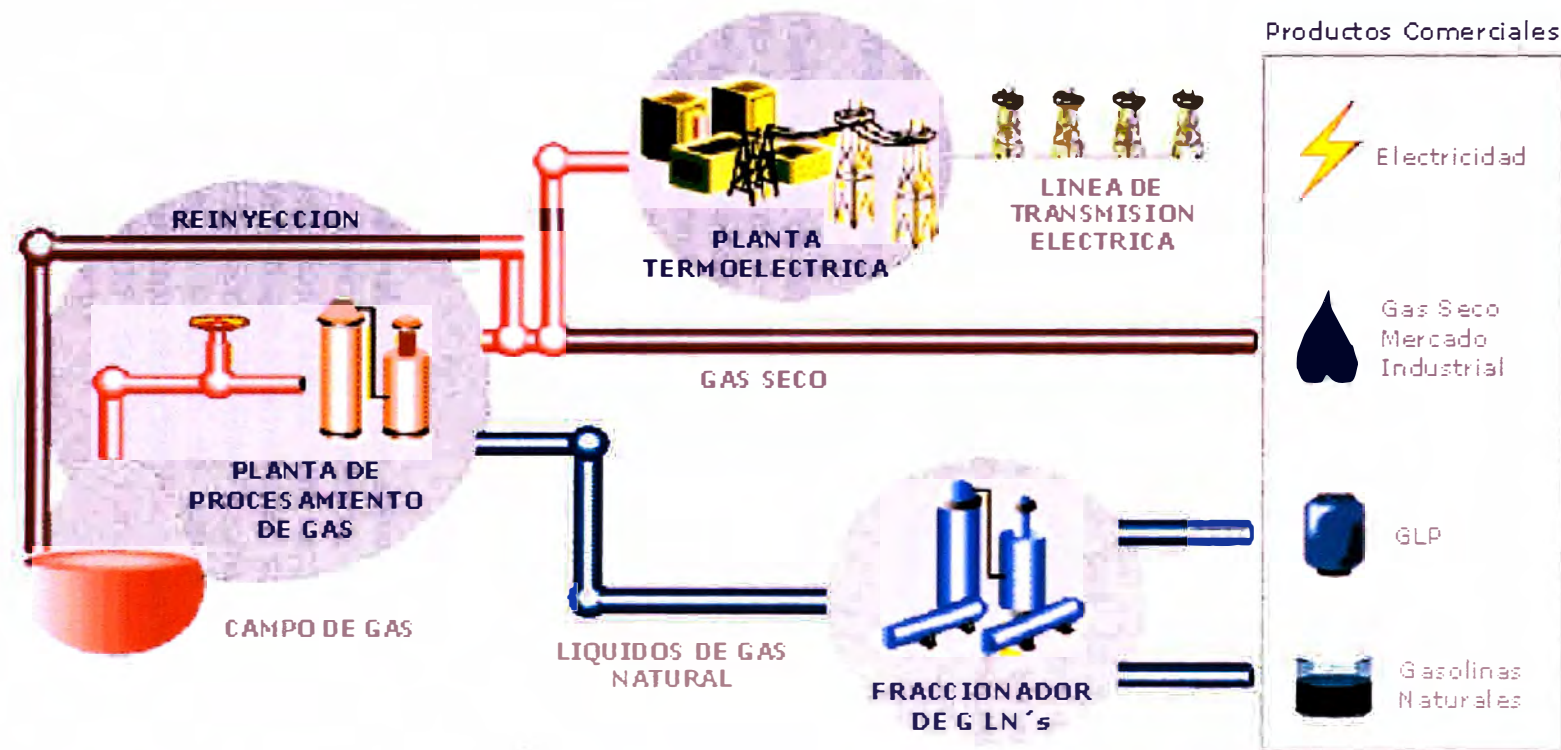
alto contenido de propano, equivalente al 12% de la producción Peruana y que abastece principalmente la Sierra Central, la Región Amazónica y la Capital del país.

Para este estudio preliminar, basados en el poder calorífico conocido, se asume que la densidad respecto al aire es de 0,7, que su contenido de metano (CH<sub>4</sub>) es superior al 70%, que dado a que se viene utilizando en generación eléctrica, el CO<sub>2</sub> es inferior al 2% y que el contenido de humedad está dentro de los estándares internacionales.

El gas natural de Aguaytía no tiene utilización diferente que el de generación eléctrica local, teniendo en cuenta que un sistema de transporte sería excesivamente costoso (a alta presión o como GNL) y que no existen consumidores potenciales a una distancia razonable del yacimiento. Por esta razón es evidente que los excedentes de Aguaytía solo podrán comercializarse en Pucallpa, obviamente a un precio inferior al internacional.

Para efectos del presente estudio se ha asumido un precio de US 1.00/MBTU en boca de pozo, equivalente al 80% del precio del golfo, valor que deberá negociarse con el productor.

Fig 7. Proceso del Gas Natural de Aguaytía



### **V.3. Datos principales del sistema**

El programa de abastecimiento de gas para la ciudad de Pucallpa (Perú), toma el gas proveniente del campo Aguaytía, el cual es transportado a través del Gasoducto Neshuya - Termoeléctrica Yarinacocha en tubería de acero de 6", hasta el Km. 10 de la Carretera Fernando Basadre en donde estará ubicado el punto de entrega para el Proyecto, denominado Estación "City Gate"<sup>3</sup> de Pucallpa.

El Proyecto se inicia en el "City Gate" (Puerta de Ciudad) y consta fundamentalmente de lo siguiente: Estación "City Gate", Red Troncal de Acero, Estaciones de Distrito, Troncales de Distribución, Anillos de Distribución, Acometidas Domiciliarias.

#### **V.3.1 Estación "City Gate"**

Es el sitio en donde el gran comercializador de gas (productor-transportador), transfiere la propiedad del mismo al distribuidor urbano. En este lugar se debe construir una Estación de Regulación y Medición (ERM) que en esencia tiene como finalidad permitir que el vendedor (productor) haga entrega del gas al comprador (el distribuidor) debidamente limpio, regulado y medido, para que este a su vez lo odore y lo transporte a través de sus propias líneas de conducción hasta los domicilios de sus clientes o consumidores.

En la Estación City Gate, el gas es regulado de manera que la presión de entrega al distribuidor urbano no sea inferior a 10 bar ni superior a 16 bar que es la máxima presión recomendable para su transporte en áreas urbanas. El sistema de regulación debe ser del tipo trabajador-monitor (una válvula reguladora operando y otra en espera para casos de falla), con doble puente, es decir dos sistemas paralelos similares, denominados sistemas redundantes, con lo cual la posibilidad de falla es extremadamente remota. El medidor oficial instalado debe tener una precisión de  $\pm 1$ , un rango alto de precisión (120:1), facilidad de operación y calibración, y en lo posible un sistema redundante que facilite las labores de mantenimiento sin interrumpir el proceso de medición.

Aunque no es práctica común la instalación de sistema "Scada"<sup>4</sup> en proyectos de volúmenes relativamente bajos como el de Pucallpa, (debido a su alto costo, que afecte la tarifa final de los usuarios) puede ser recomendable la instalación de sistemas de monitoreo mediante señales telemétricas, con el fin de vigilar a distancia los parámetros básicos de la Estación "City Gate" como las presiones de entrada y salida, la temperatura del gas, el volumen de gas a condiciones de línea y a condiciones estándar, además de otros aspectos como alarmas de intrusión, sistema de iluminación, etc. Dependiendo de las condiciones locales se tomará posteriormente una decisión al respecto.

---

<sup>3</sup> Punto de entrega del productor al vendedor debidamente regulado y medido

<sup>4</sup> Supervisory Control And Data Acquisition

No se recomienda la odorización del gas en líneas de acero con presiones superiores a 16 bar ya que pueden presentarse condensados que reaccionan con el odorizante (por lo general mercaptano etílico) en presencia de azufre o CO<sub>2</sub>, produciendo eventualmente ácido carbónico o ácido sulfhídrico que atacan las tuberías de acero. El gas, por lo tanto, se odoriza después de regularse en la "City Gate", mediante un computador de flujo del tipo YZ o similar. Se recomienda como odorizante el tetrahidrothiofeno (THT), menos agresivo que el mercaptano, ya prohibido por las normas de la CEE.

### **V.3.2. Red troncal de acero**

Una vez recibido el gas y odorizado en la Estación "City Gate", se transporta a presión regulada, por medio de una tubería de acero hasta dos Estaciones Reguladoras de Distrito (ERD), cada una con capacidad para atender la demanda de 20.000 usuarios domésticos.

De la troncal de acero se efectúan las derivaciones para abastecer las industrias locales, por lo general, con tuberías de acero de 2" de diámetro nominal. En el predio de cada consumidor industrial se coloca una Estación Reguladora de Medida (ERM) que permite medir el gas natural, abatiendo la presión del mismo hasta la presión de entrega que puede oscilar entre 0,2 y 2 bar.

### **V.3.3. Estaciones de distrito**

Las Estaciones Reguladoras de Distrito (ERD) tienen como finalidad abatir la presión de las Troncales de acero (10 - 16 bar) a 4 bar que es la presión de distribución urbana con redes de polietileno. Las ERD se instalan por lo general en parques, separadores de vías o áreas ventiladas y seguras. Aunque no requieren protecciones especiales, se recomienda su aislamiento con malla eslabonada o una caseta de mampostería debidamente aireada.

Aunque las ERD no tienen sistema de medición, éstas pueden ser instaladas como sistema de control para la determinación de fraudes y acometidas clandestinas. El sistema de regulación es similar al de la Estación "City Gate" (trabajador-monitor), por lo general con un solo puente, pero con válvula de bloqueo por sobre presión y sistema silenciador tipo "Apper - Flux".

### **V.3.4. Troncales de distribución**

Son las líneas matrices de la red de distribución, cuya finalidad es conectar diferentes sectores de un núcleo poblado que depende de una estación reguladora de distrito. El diámetro de las Troncales varía entre 1" y 4" generalmente, dependiendo de las condiciones de diseño.

Las troncales de distribución tienen a lo largo de su recorrido, válvulas de corte para aislar sectores de 500 - 1000 usuarios, en caso de emergencias o por necesidades operativas de la Empresa.



### **V.3.5. Anillos de distribución**

Son construidos con tuberías de polietileno de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  " de diámetro. Se instalan en forma de anillo cerrado, de manera que cada manzana de viviendas conforma una celda que se une a las troncales de distribución mediante una válvula formando una especie de panal, lo que asegura la mayor eficiencia y continuidad del servicio ya que la alimentación a un usuario se produce siempre por dos vías. Los anillos pueden ser abiertos o en "espina de pescado", lo cual requiere menos tubería y menor cantidad de obra civil. Este sistema, aunque más económico no es altamente confiable ya que una suspensión del servicio en el inicio de la espina implica la suspensión del servicio a todos los usuarios localizados en el sentido de la dirección del flujo.

### **V.3.6. Acometidas domiciliarias**

Son derivaciones en tubería de polietileno de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, que van desde el anillo de distribución hasta la fachada de las viviendas, en donde se coloca el centro de medición.

#### **V.3.6.1 Centros de medición**

Puede decirse que son Estaciones "City Gate" en miniatura, que se colocan en el predio de cada usuario del servicio. Constan básicamente de una válvula de corte, un regulador que abate la presión desde 4 bar hasta 18 mbar (7"-9" de columna de agua), una válvula de exceso de flujo (incorporada en el regulador) y un medidor de gas domiciliario, por lo general con capacidad de 2,5 m<sup>3</sup>/h (denominación G 1.6).

En el medidor domiciliario se transfiere la propiedad del gas del distribuidor urbano al usuario del servicio. A partir del medidor, la responsabilidad del uso del gas es del usuario.

#### **V.3.6.2 Instalaciones internas**

Son las tuberías, válvulas y accesorios ubicados en el interior de los inmuebles de los usuarios, que permiten conducir el gas desde el medidor hasta cada uno de los equipos o artefactos que utilizan el gas.

En las instalaciones para uso doméstico se utilizan por lo general tuberías de hierro galvanizado, cobre flexible o cobre rígido. En las instalaciones industriales, tuberías de cobre rígido o acero soldado, dependiendo de las presiones de operación.

#### **V.3.6.3 Consideraciones de diseño**

El número de viviendas potenciales considerado, según el estudio de mercado efectuado, es de 31.056, a las cuales se les incrementó un 5 % correspondiente al

consumo comercial y un 2% para tener en cuenta posibles expansiones; de esta forma se tiene un potencial de 33.230 usuarios potenciales totales.

Teniendo un consumo de 6 pie<sup>3</sup>/h por vivienda, llegamos a un consumo de diseño de 199.380 pie<sup>3</sup>/h, correspondiente al consumo doméstico y comercial de la ciudad de Pucallpa. El consumo industrial está determinado por doce empresas, con un consumo de 2,10 MPCD.

Para suministrar estas cantidades de gas, se contará con una red de acero, que alimenta a dos estaciones reguladoras de distrito. Para la selección del sitio de instalación de las estaciones reguladoras se tienen en cuenta los siguientes criterios que garantizan la seguridad y la operabilidad de las mismas:

- Accesibilidad al terreno.
- Características del terreno para minimizar los riesgos naturales.
- Evitar zonas de riesgo o de alto tráfico vehicular.
- Alejado de redes eléctricas o de otro tipo de servicio.
- Cuando se localice cerca de un depósito de otro combustible debe mantenerse como mínimo una distancia entre la estación y los depósitos equivalente a 1,5 veces el diámetro del recipiente más grande.
- Alejada de edificios habitados.
- Zonas de fácil negociación del derecho de vía, si no son terrenos municipales.

En resumen, se puede decir que los parques o zonas verdes son los sitios ideales para la localización de las estaciones reguladoras de distrito, porque cumplen con los criterios de selección expuestos, razón por la cual se escogieron los siguientes sitios para la ubicación de las estaciones reguladoras de distrito en Pucallpa:

1. En una zona verde entre la Calle 6 de Mayo y la Calle Tiahuanaco.
2. En una zona verde en la Avenida Arborización con la avenida Miraflores.

La red de acero alimentará directamente a algunas industrias que quedan cerca de su recorrido.

Las estaciones reguladoras de distrito reducen la presión a 60 psig, y suministran el gas a las redes troncales de polietileno, las cuales se diseñan de manera que se logre:

- Atender el máximo número de viviendas e industrias
- Tener el menor número de cruces especiales
- No interferir con las redes de otros servicios.

- Buscar vías de poco tráfico vehicular.
- Evitar, en lo posible, el paso a través de fallas geológicas.
- En lo posible buscar los trazados en forma de malla cerrada debido a que esta disposición permite una buena distribución de los caudales y un mejor manejo en el caso de fugas o mantenimiento.
- Se busca un trazado tal que permita la conexión de anillos de distribución a ambos lados de la red troncal de polietileno.

### V.3.7. Especificaciones de los materiales a utilizar

#### V.3.7.1. Requisitos generales

Los materiales a utilizar en el proyecto deberán ajustarse a requerimientos de normas reconocidas (ASME, ANSI, ASTM, API, AGA, etc.).

Todos los materiales a utilizar (Bridas, accesorios, filtros, válvulas, tubería, medidores, reguladores, etc.), deberán llevar grabado por el fabricante las características que permitan identificar al elemento.

**Tabla II. Cantidad de tubería y accesorios de Polietileno necesarios para la construcción del gasoducto**

Ítem	Diámetro Ø=¾"	Diámetro Ø=3"	Diámetro Ø=4"
	Etapas 1 y 2	Etapas 1 y 2	Etapas 1 y 2
Tubería (m)	524300	47056	1902
Obra mecánica	524300	47056	1902
Obra civil	524300	47056	1902
Válvulas	469	83	3
Tee Ø	2714	29	1
Silleta Øx¾"	-	458	10
Silleta Øx3"	-	-	1
Reducción Øx3"	-	-	2
Transición	-	1	1

**Tabla III. Cantidad de tubería y accesorios de Acero necesarios para la construcción del gasoducto**

Item		Diámetro Ø=2"	Diámetro Ø=3"	Diámetro Ø=4"	Diámetro Ø=6"
		Etapas 1 y 2	Etapas 1 y 2	Etapas 1 y 2	Etapas 1 y 2
Tubería (m)		1200	4080	1300	4540
Obra mecánica		1200	4080	1300	4540
Obra civil		1200	4080	1300	4540
Tipo de estación reguladora	A (Øx300-3"x150)	-	-	-	-
	B (Øx300-4"x150)	-	-	-	-
	C (Øx300-6"x150)	-	-	2	
Bridas	Ø ANSI 300	-	-	2	1
	Ø ANSI 150	-	1	1	2
Tee		-	1	-	1
Prot. Catódica		1200	4080	1300	4540
Junta Aislante		-	-	-	1
Válvulas		1	3	8	2
Espárragos	Ø ANSI 300	-		8	12
	Ø ANSI 150	-	4	8	16
Empaques	Ø ANSI 300	-	-	2	-
	Ø ANSI 150	-	1	1	2
Reducción Øx2"		-	-	-	1
Reducción Øx3"		-	-	3	1
Reducción Øx4"		-	-	-	2
Codo Ø		-	5	3	-

### V.3.7.2 Tubería

#### a. Tubería de acero

Para la línea troncal de acero se utiliza tubería de acero al carbón API-5L-Grado B o API-5LX-42, unida por procedimientos de soldadura que cumplan el estándar API-1104.

#### b. Tubería de polietileno

Se utilizan tuberías y accesorios de polietileno tipo PE-2306, de media densidad, fabricada con resina Marlex TR-418 o compatible, que cumpla las normas ASTM D-2513, D-2737 y D-3035. Serán de RDE-11 para troncales y RDE-9 para anillos.

### **c. Tubería de acero galvanizado**

Para las instalaciones internas residenciales y comerciales, se utilizará tubería de acero galvanizado Schedule 40, con presión máxima de trabajo de 300 Lb/pulg<sup>2</sup>, para una presión de operación de 18 mBar (7 pulgadas columna de agua).

### **d. Tubería de cobre**

Para las instalaciones internas residenciales, se podrá utilizar tubería de cobre flexible tipo L, con espesor mínimo de pared de 0,032 pulgadas, pero preferentemente tuberías de cobre rígido tipo K con uniones soldadas con soldadura estaño - plata 95-5.

## **V.3.7.3 Accesorios**

### **a. Accesorios para soldar**

Los accesorios soldados deberán cumplir con la norma ANSI B-16.9 o ANSI B-16.28 según corresponda.

El material será de acero al carbón grado B (ASTM A234), y su rango de presión y temperatura de operación será igual o mayor al especificado para tuberías de material igual o equivalente.

### **b. Accesorios de polietileno**

Los accesorios de polietileno para unión por termofusión, deberán estar de acuerdo con la norma ASTM D-2517 y su presión de diseño determinada conforme a la norma DOT (Sección 192.191), según el material empleado, el diámetro del accesorio y la localización de la zona.

## **V.3.7.4 Válvulas**

### **a. Válvulas bridadas**

Tanto en la estación de regulación de distrito, como en la línea troncal de acero, se utilizarán válvulas bridadas del tipo esférico de cierre rápido (1/4 de vuelta) y paso completo.

Las válvulas serán clase 300 para presión máxima de operación de 720 Lb/pulg<sup>2</sup> y clase 150 para presión máxima de operación de 275 Lb/pulg<sup>2</sup>, con cuerpo en acero tipo A-105, bola en acero inoxidable calidad 304, asiento en teflón reforzado con fibra de vidrio y sello del cuerpo en teflón. Se recomienda el uso de válvulas tipo "TRUNION" para evitar el rápido deterioro de los sellos.

Estas válvulas cumplen las especificaciones de las normas API 607, API 6D, ANSI B-16.5, ANSI B-16.10 y ANSI B-16.34 de acuerdo con los requerimientos del DOT Sección 192.145.

## **b. Válvulas roscadas**

Las válvulas roscadas para las instalaciones internas serán de cierre por esfera no lubricada, con cuerpo de bronce cromado, asiento de teflón, sello de teflón reforzado y presión de operación de 300 Lb/pulg<sup>2</sup>.

## **c. Válvulas de polietileno**

Todas las válvulas de corte de red de distribución serán plásticas, compatible con la tubería a instalar.

Las válvulas para bloqueo de la red troncal serán de bola y las válvulas de corte para cada manzana serán de tapón.

Las cajas para la instalación de las válvulas de polietileno podrán ser construidas con tubos de "gress" (arcilla cocida) de 6" de diámetro, apoyados sobre una base de concreto para prevenir cortes en la tubería ocasionados por hundimiento del tubo, y con ranuras laterales donde se apoye la válvula para protegerla contra esfuerzos torsionales excesivos o cargas cortantes durante su operación, de acuerdo con la norma DOT sección 192.193, o del tipo plástico especialmente diseñadas para esta aplicación.

### **V.3.7.5. Medidores**

En las instalaciones domiciliarias se utilizan medidores de desplazamiento positivo del tipo diafragma, con capacidad nominal de 2.5 m<sup>3</sup>/h de aire, caudal mínimo de medición de 16 dm<sup>3</sup>/h y volumen de medición de 0,7 dm<sup>3</sup> por revolución, con lectura digital en metros cúbicos.

La presión máxima de trabajo no debe ser inferior a 1000 mm columna de agua (2.1 Lb/pulg<sup>2</sup>) y presión de prueba del cuerpo mínima de 14 Lb/pulg<sup>2</sup>.

Los medidores se instalarán en nichos o cajas empotradas en los muros de las viviendas debidamente protegidos con una rejilla, o en cofres especialmente diseñados para este propósito.

### **V.3.7.6. Reguladores**

Los reguladores de presión son de tipo compacto, con respuestas rápidas a los cambios de presión, cargados con resorte. La presión de trabajo máxima será de 8.61 bar (125 psig), equipados con válvula de seguridad con venteo directamente a la atmósfera. Este venteo debe estar protegido de la entrada de agua, insectos o suciedad.

Los reguladores son ajustados en fábrica para una presión de suministro de 18 mbar y con conexiones del tipo NPT en ambos extremos.



## **VI. PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN**

El Proyecto de Distribución de Gas Natural en Pucallpa se divide en tres fases: La primera denominada Fase Cero, se refiere a todos los estudios, diseños, presupuestos y análisis de oferta y demanda necesarios para presentar a la D.G.H la solicitud de concesión, así como el periodo de tiempo transcurrido hasta la firma del respectivo contrato: La Fase I corresponde a la construcción de las redes e instalaciones para el Proyecto básico. La Fase II se relaciona con la operación y el mantenimiento del sistema, así como la atención de zonas dispersas y el crecimiento vegetativo que se presente en la ciudad.

El programa de construcción de las redes de distribución de gas para la ciudad de Pucallpa, correspondiente a la Fase I se ha dividido en dos etapas:

### **VI.1 Fase I**

#### **VI.1.1 Primera etapa**

- Tendido de la red principal de acero que va desde la "City Gate" de Pucallpa hasta la estación reguladora de distrito ubicada en la zona verde entre la Calle 6 de Mayo y la Calle Tiahuanaco.
- Construcción y montaje de dicha estación reguladora de distrito.
- Tendido de las redes de distribución de polietileno en el centro de la ciudad de Pucallpa, capaces de abastecer con el servicio a las primeras 16.000 viviendas del proyecto.
- Tendido de los anillos de distribución necesarios para abastecer estas primeras 16.000 viviendas.
- Las redes contempladas en la primera etapa permiten atender más del 70 % de los consumidores industriales.

## VI.1.2. Segunda etapa

- Tendido de un ramal de acero que proviene de la red principal de acero y va hasta la estación reguladora de distrito ubicada en la zona verde entre la Avenida Arborización con Miraflores.
- Construcción y montaje de dicha estación de distrito.
- Construcción de las restantes redes de distribución de polietileno que permitirán abastecer con el servicio a la totalidad de las viviendas del proyecto.
- Construcción de anillos de distribución.

Esta etapa tiene una duración de 20 meses, con un promedio de 129.000 dólares por mes de inversión.

Finalizadas las dos etapas antes mencionadas, la ciudad de Pucallpa contará con una red de distribución suficiente para abastecer la industria, el consumo comercial y los consumidores domiciliarios, así como el crecimiento vegetativo de la ciudad, proyectado con un horizonte de más de 20 años.

Se considera que para esta fase del proyecto, será necesario utilizar entre 80 a 132 trabajadores permanentes (ver Tabla IV).

**Tabla IV. Personal directo en la ejecución del Proyecto  
(promedio mensual)**

<b>Actividad / años</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Construcción de acero	9	3				
Construcción redes polietileno	55	65	70			
Construcciones internas y acometidas	10	32	40	23	11	3
Obras civiles	14	20	22	5	2	1
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>120</b>	<b>132</b>	<b>28</b>	<b>13</b>	<b>4</b>

## VI.2. Fase II Operación

Durante el desarrollo de las diferentes actividades necesarias para la distribución de gas en la ciudad de Pucallpa, se debe procurar generar el menor impacto sobre suelos, vegetación, animales, cursos de agua y calidad del aire. Para ello se requiere tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Evitar el cruce de ríos, caños, quebradas o cualquier tipo de curso de agua.

- Procurar un sistema de movilización de los equipos y transporte de tubería de manera que cause el mínimo deterioro de los suelos, vegetación y cuerpos de agua.
- Establecer un método de mantenimiento del equipo móvil, maquinaria (lavado, cambio de aceite, escape de lubricantes o combustibles, etc.) y su aprovisionamiento de combustible, de manera que los desechos producidos no contaminen los suelos y los cauces próximos, aire, vegetación y fauna.
- Buscar trazados de redes en los cuales se requiera la mínima remoción de vegetación, recomendando la referencia del capítulo VIII, y cuando sea necesario procurar que luego de enterrada la tubería se restablezcan las condiciones iniciales del suelo.
- Tomar medidas para el control de los materiales de desecho con el fin de no causar contaminación de cursos de agua.
- Proteger adecuadamente la estabilidad de los postes de energía, alumbrado, redes telefónicas, semáforos, señales de tránsito, árboles y arbustos de ornamentación y demás construcciones superficiales que no sea absolutamente necesario desplazar.
- Por ninguna razón se permitirá la quema de residuos.
- El material descapotado y excavado se colocará en una de las orillas de la zanja para posteriormente utilizarlo en el relleno de la zanja y para la revegetación de las áreas utilizadas.
- Planear las obras de manera que los equipos utilizados y el funcionamiento del sistema nunca generen niveles de ruido por encima del normativo de calidad ambiental (65 dBA.).

Esta fase del proyecto demandará el uso de mano de obra permanente para la operación y mantenimiento, así como el sistema comercial de un promedio de 34 trabajadores de manera permanente. Adicionalmente se requerirá personal "free lance" que serán prestados por empresas de servicio y por terceros.

**Tabla V. Personal de operación y mantenimiento requerido por el proyecto (promedio mensual)**

<b>Actividad/ años</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Directivos	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3
Administrativos	9	13	16	16	16	16	16	16	16	16
Técnicos	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Operación y mantenimiento	4	8	9	11	11	11	11	11	11	11
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>33</b>

## **VII. Estudio Económico**

Para determinar el nivel de inversiones, los costos de administración, operación y mantenimiento del sistema y la rentabilidad del Proyecto, se ha efectuado el correspondiente Estudio Económico, el cual se basa en la experiencia de empresas colombianas en ciudades con características similares a Pucallpa, lo cual permite obtener conclusiones sobre la factibilidad del suministro de gas domiciliario.

Para facilitar la interpretación de los datos, el estudio se presenta en dólares de los Estados Unidos de América.

### **VII.1. Potencial de viviendas**

Del presente estudio, de las 31.056 viviendas encuestadas, se han considerado como potenciales 24.800. Aunque en una tercera fase se atenderán usuarios dispersos pero localizados en el área en donde se han instalado las redes; y adicionalmente habrá un incremento vegetativo en las áreas atendidas, para efectos de cálculo del proyecto se ha asumido a partir del 6° año un número fijo de usuarios, el cual, aunque puede considerarse como una política conservadora, facilita compensar el total de usuarios con el número de suscriptores que eventualmente puedan retirarse del servicio por falta de pago o condiciones similares.

### **VII.2. Usuarios comerciales**

Se consideran usuarios comerciales aquellos que presentan consumos superiores a 2,5 m<sup>3</sup>/hora e inferiores a 30 m<sup>3</sup>/hora, que por lo general corresponden a Restaurantes, panaderías, centros clínicos o pequeños establecimientos industriales. Para efectos del estudio, se asume que un 5% de los usuarios domésticos son usuarios comerciales, con un consumo diario de sólo 6 m<sup>3</sup> de gas.

### **VII.3. Usuarios industriales**

Aunque no se ha efectuado un censo detallado de los consumidores industriales, basados en el consumo de otros combustibles (diesel 2 y residual 6), así como en informaciones preliminares de "Aguaytía Energy Corp" se ha asumido que existe un potencial de 11 industrias con un consumo estimado promedio de 60.000 m<sup>3</sup>/mes.

Aunque los datos aquí considerados difieren de los estudios adelantados por Aguaytía, que supone una utilización de más de 150.000 m<sup>3</sup>/usuario/mes, se ha preferido para efectos del estudio un cálculo más conservador dado que algunos equipos difícilmente podrán ser convertidos, otros requieren elevadas inversiones para su conversión y por último algunos tienen consumos estacionarios dependiendo de las épocas de invierno y verano registradas en la zona.

#### **VII.4. Costos de acometidas**

El costo de las acometidas domiciliarias, que incluye la tarifa desde el anillo de distribución hasta la fachada de la vivienda, la colocación de un nicho, el centro de regulación y medición y la válvula de corte correspondiente, asciende a US 100/vivienda, asumiendo que en todos los casos se instala regulador tipo R-4F con capacidad de 2,5 m<sup>3</sup>/hora.

#### **VII.5. Costo de instalación interna**

El costo de la instalación interna por usuario se estima en US 100/vivienda e incluye la conducción en tubería de cobre o hierro galvanizado desde la acometida domiciliaria hasta el uso doméstico del usuario, incluyendo la válvula de bloqueo y la manguera de conexión.

#### **VII.6. Instalación usuario no residencial**

Los usuarios no residenciales (comerciales e industriales), tienen un costo de instalación que depende de condiciones específicas en cada caso y por lo tanto serán cotizados a cada suscriptor en particular. Por esta razón no se incluyen en el Estudio Económico ya que no se espera obtener utilidad alguna en la instalación de estos usuarios y por el contrario, permite facilitar su incorporación al servicio para incrementar el consumo de gas vendido.

#### **VII.7. Consumos promedio**

Del estudio de mercado efectuado se estableció que el requerimiento de equivalente energético por vivienda es de 700.000 BUT/mes, lo cual indica que el consumo promedio de gas natural por vivienda será del orden de 20 m<sup>3</sup> mensuales. Se ha previsto un incremento del 0,5% anual en el consumo por efecto de la comodidad del servicio y la utilización de artefactos adicionales al gas doméstico principal.

Como se mencionó anteriormente, el consumo comercial se estima en 6 m<sup>3</sup>/día, equivalente a 180 m<sup>3</sup> mensuales, lo que consideramos puede ser razonable en consideración a las condiciones de vida de la población. En el consumo comercial también se presume un incremento del 0,5% anual.

En cuanto al consumo industrial, la cifra de 60.000 m<sup>3</sup>/usuario/mes es bastante incierta, aunque se considera conservadora para el caso en que solamente la mitad



de los consumidores potenciales están en capacidad de efectuar las conversiones requeridas y recibir el servicio.

## **VII.8. Precio del gas**

El gran volumen de inversiones requeridas y los elevados costos que significa operar un gasoducto de menos de 50.000 usuarios, hacen que el proyecto sea extremadamente sensible al precio de venta del gas en puerta de ciudad. En el caso de Pucallpa si todos los supuestos de ventas y aceptación del servicio se cumplen con un costo de gas en "City Gate" de US 1/MBTU sólo se obtendría una rentabilidad del Proyecto equivalente al 10% y una rentabilidad para los inversionistas de sólo el 9% en términos constantes, cifra que indudablemente es inferior a la rentabilidad obtenida en proyectos de menores riesgos. Por esta razón, se espera que la negociación para la compra de gas no supere los 0,80/US, máximo teniendo en cuenta que el gas natural excedente en los yacimientos de Aguaytía no se está utilizando y que el Proyecto le permitiría a la empresa productora obtener ingresos anuales, superiores a los 6 millones de dólares.

## **VII.9. Tarifas previstas**

En el ámbito mundial, el costo del gas representa entre el 20 y el 35 % del precio al usuario final en sistemas de distribución de gas domiciliario, dependiendo de múltiples factores como el tamaño del mercado, la ubicación geográfica, los costos de ejecución de obra, la facilidad de obtener bienes y servicios de producción nacional, la capacidad adquisitiva de la población y el grado de desarrollo de los proyectos.

Para el Proyecto de Pucallpa la tarifa media por usuario doméstico se ha establecido en 0,19 US/m<sup>3</sup>, 0,17 US/m<sup>3</sup> por usuario comercial y 0.15 US/m<sup>3</sup> para el usuario industrial. Estos valores son inferiores al de los combustibles que serán sustituidos y que vienen siendo utilizados por los diferentes consumidores.

A manera de ejemplo, un usuario doméstico con un consumo promedio de 20 m<sup>3</sup>/mes pagará sólo US 4,00 por el servicio sin incluir desde luego los costos de la instalación, financiados a través de entidades bancarias y que corresponden a una inversión cuya amortización mensual es reducida y temporal.

## **VII.10. Costos operativos**

Los costos operativos corresponden a los costos fijos (arrendamientos, servicios, etc.) y los costos variables, que incluyen la operación y mantenimiento, gastos de comercialización, gastos de personal, seguros, reparaciones, transportes, etc.

## **VII.11. Impuestos**

Para efectos del estudio, solamente se ha contemplado el 5% de Impuesto sobre la Renta. En la cuantificación de obras y en los materiales utilizados (en su mayoría

importados), no se han considerado aranceles ni el Impuesto General de Ventas (IGV), teniendo en cuenta que por la Ley Amazónica el municipio de Pucallpa goza de exenciones sobre estos conceptos.

Lo anterior quiere decir, que en caso de decretarse impuestos, gravámenes o tasas no contempladas en el Estudio de Factibilidad Económica o que con posterioridad sean establecidos por las autoridades de Pucallpa, el Proyecto se verá seriamente amenazado, ya que la disponibilidad de recursos a largo plazo depende exclusivamente de los ingresos por venta de gas, lo que obligaría a un incremento tarifario perjudicándose consecuentemente la población.

- El costo de la línea de acero y las redes de polietileno asciende a 4.867.463 dólares que serán invertidos en un plazo de 36 meses, lo que equivale a una inversión superior a los 120.000 dólares mensuales. Teniendo en cuenta que el gasoducto permite en su etapa básica atender un máximo de 24.000 usuarios, el costo de la red por usuario asciende a US 200, lo que se considera bajo en estándares internacionales.
- Se asume como precio máximo para compra de gas US 1,00/MBTU, cifra que se considera relativamente elevada en consideración a la ubicación geográfica del yacimiento de Aguaytía, las características socioeconómicas de la población que puede ser beneficiada, y desde luego el precio internacional de este energético. Los ingresos probables de Aguaytía Energy Corp., por venta de gas serían superiores a los 7 millones de dólares anuales a partir del quinto año de entrada en vigencia del Proyecto, suma evidentemente muy importante, principalmente teniendo en cuenta que se trata de un ingreso marginal.
- Se ha diseñado un esquema tarifario que oscila entre US 0,15/m<sup>3</sup> para el gas industrial y US 0,19/m<sup>3</sup> para el gas doméstico, que permite una rentabilidad del 9% en términos constantes para los inversionistas, cifra que es excesivamente baja para el riesgo que presenta el Proyecto.

De otra parte, las tarifas industriales están también clasificadas por rangos de consumo, entre US 0,10 y US 0,15/m<sup>3</sup>, con el propósito de favorecer a los grandes consumidores, brindar tarifas más bajas que las de los combustibles a sustituir, y lograr incrementos significativos en el consumo de gas natural.

- En lo referente a conexiones domiciliarias, es decir, el valor de la acometida y el medidor y el de la instalación interna de los usuarios, corresponde a los registros históricos de empresas similares. El margen bruto que se espera obtener es del 16,67%, que escasamente cubre los gastos de funcionamiento y de comercialización del servicio.

Valga mencionar que en el Estado de Resultados no se han considerado créditos para compensar la pérdida de los dos primeros años, lo que implicaría una disminución de la utilidad en el tercer año por efecto de los costos financieros correspondientes. No obstante, consideramos que su efecto no es significativo en los

años subsiguientes, principalmente teniendo en cuenta que no se han considerado ingresos financieros por eventuales excedentes de caja.

Por último es importante señalar que no se esperan crecimientos significativos en el número de usuarios a partir del quinto año y por lo tanto para efectos del Plan de Expansión a 10 años que solicita la DGH, deberá considerarse que el incremento de nuevos usuarios es igual al número de usuarios retirados del servicio entre el quinto y el décimo año del Proyecto.

## **VIII. MÉTODOS PARA LA VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

En el presente capítulo abordaremos el tema del análisis del impacto sobre la vegetación en la construcción de obras lineales, tales como carreteras, tendido de gasoductos, oleoductos, terraplenes, etc. Vamos a abordar el asunto desde dos perspectivas diferentes:

Por un lado mediante un método exclusivamente cuantitativo, que es muy útil cuando tenemos que comparar varias alternativas semejantes (por ejemplo, en los Estudios de Impacto Ambiental de los Estudios Informativos de carreteras).

Y por otro lado, desde una perspectiva de valoración cualitativa de la vegetación; en este caso el método es aplicable a un solo trazado.

Los métodos descritos en el presente trabajo monográfico son aplicables de mejor forma con un "SIG"<sup>5</sup> vectorial que con un "Raster"<sup>6</sup>.

### **VIII.1. Método para la Comparación Cuantitativa de Varias Alternativas de Trazado.**

Frecuentemente en los Estudios de Impacto Ambiental nos encontramos en la situación de tener que valorar las afecciones de diversas alternativas muy semejantes entre sí; en estos casos es especialmente útil una metodología que compare estas afecciones sin recurrir a ningún criterio subjetivo.

Supongamos que estamos haciendo el Estudio de Impacto Ambiental incluido en un Estudio Informativo de una carretera, en él hemos desechado previamente varias alternativas por su impacto ambiental excesivo y finalmente tenemos dos seleccionadas con un impacto sobre la vegetación muy similar.

---

<sup>5</sup> Sistema de Información Geográfica

<sup>6</sup> Ampliación de Imágenes

El primer paso para la valoración comparativa de varias alternativas sería tener cartografía de la vegetación de la zona de afección de la traza de cada alternativa, para lo que el método idóneo consiste en la realización de ortofotos a una escala pequeña (por ejemplo 1:5.000) y digitalizar sobre ellas las diversas formaciones vegetales existentes; posteriormente, con trabajo de campo se completará la identificación de especies y se valorará el estado de las mismas. Además de tener incorporada en el S.I.G. la vegetación de las inmediaciones de las trazas a valorar, necesitaremos también tener la vegetación de la comarca en la que se incluye la traza a una escala menor (1:25.000 es una buena escala), de tal manera que nos permita tener conocimiento de cómo se distribuye la vegetación en una superficie alrededor de 20.000 ó 30.000 ha.

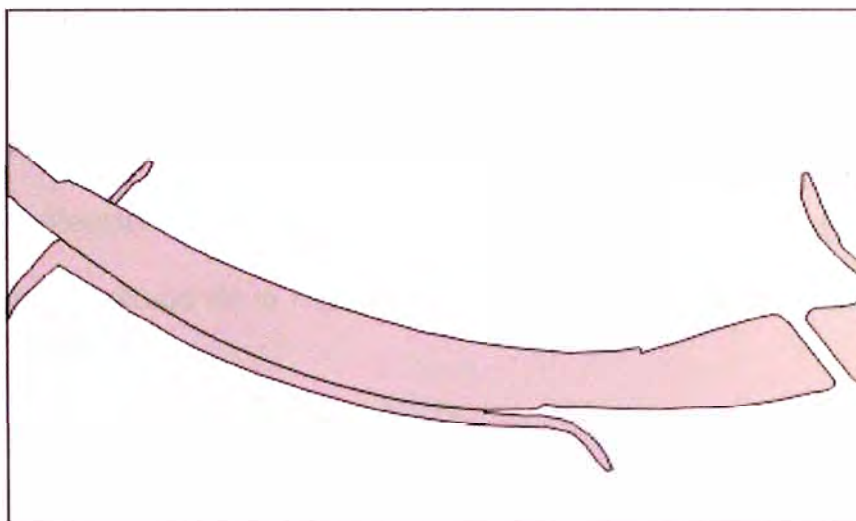
El siguiente elemento requerido es el conjunto de planos con la delimitación de las trazas en el ámbito del proyecto. Sobre estos planos delimitamos las zonas de invasión de cada traza, las cuales se corresponderían con el espacio ocupado por desmontes, terraplenes, enlaces y en general todo el espacio a desbrozar. Un ejemplo gráfico podría ser la Fig. 8.

**Fig.8.**



**En la figura mostrada, las líneas en rojo representan los trazos tentativos de las líneas de distribución**

**Fig. 9**



**En esta figura se muestra el área despejada ó afectada por el tendido de las líneas de distribución**

Tras tener las áreas de invasión de cada alternativa, superponemos éstas con la cartografía de vegetación de las inmediaciones de las trazas, con lo cual tendremos las mediciones de superficies de cada tipo de vegetación afectada por trazas. La superposición depende del SIG vectorial que estemos utilizando; por ejemplo en "Arcinfo" el comando a utilizar sería "Intersect", o quizá también podría servirnos "Identity" o "Union". La forma de analizar la capa resultante del cruce de las dos fuentes de información (vegetación y superficies de invasión), depende de la herramienta "SIG" que estemos utilizando. En cualquier caso, lo que tenemos que obtener es un listado por especies vegetales afectadas indicando las superficies (por ejemplo en hectáreas), afectadas en cada caso.

Igualmente, se procederá a medir también las superficies de cada tipo de vegetación en la comarca en la que se inscriben las trazas (cartografía general). En este caso no intersecamos la traza con la cartografía de vegetación de la comarca, sino sencillamente medimos cuántas hectáreas hay de cada tipo de vegetación en la comarca general en la que se inscriben las trazas a comparar, a partir de la cartografía de vegetación general.

Una vez realizadas las mediciones y obtenidos los listados descritos anteriores, debidamente sumados en totales y organizados se aplica el siguiente coeficiente de impacto:

$$C_i = I_r \times R$$

Donde:



$I_r$  = Incidencia Relativa y  $R$  = Rareza.

A su vez  $I_r$  se calcula de la siguiente manera:

$$I_r = S / i$$

Donde:

$S$  = Superficie ocupada por cada tipo de vegetación en la comarca (cartografía general).

$i$  = Superficie de afección de la traza a cada tipo de vegetación (cartografía de detalle).

En lo que se refiere al cálculo de la Rareza, aplicamos:

$$R = s / S_c$$

Donde:

$s$  = Superficie ocupada por cada tipo de vegetación en la comarca (cartografía general).

$S_c$  = Superficie total de la comarca considerada (espacio total ocupado por la cartografía general que hayamos considerado).

El resultado de aplicar este método es un coeficiente de impacto  $C_i$  inversamente proporcional a la magnitud del mismo. La interpretación de este coeficiente se haría como sigue:

**Tabla VI**

Valorización	Identificación
$< 0.5$	Impacto Muy Alto.
$0.5 < C_i < 1.5$	Impacto Alto.
$1.5 < C_i < 3$	Impacto Medio.
$3 < C_i < 6$	Impacto Bajo.
$C_i < 6$	Impacto Muy Bajo.

Aplicaremos el método a un ejemplo. Supongamos que con el Sistema de Información Geográfica hemos analizado dos alternativas de trazado y hemos obtenido las siguientes mediciones de afección a robledales:

**Tabla VII**

Variables	Alternativa 1	Alternativa 2
$i$	7,05	3,42
$S_c$	20400	20400
$s$	567,85	567,85

De la aplicación del método anteriormente descrito obtendríamos las siguientes tablas de resultados:

**Tabla VIII**

Alternativa 1:	R = 0,0278
	$I_r = 80,546$
	Luego, $C_i = 2,239$

**Tabla IX**

Alternativa 2:	R = 0,0278
	$I_r = 166,03$
	Luego, $C_i = 4,461$

Por lo tanto, la Alternativa 1, al tener un coeficiente de impacto menor es la más agresiva sobre los robledales.

Haciendo esta misma operación sobre todos los tipos de vegetación afectados por las trazas tendríamos una idea de su impacto comparado.

## **VIII.2. Método para la Valoración Cualitativa de una sola Alternativa de Trazado**

A diferencia del método anterior, en este caso la valoración del impacto depende de la ponderación por parte de los especialistas del valor de cada tipo de vegetación en función de diversos criterios:

- Grado de cobertura
- Estructura espacial
- Diversidad la etapa serial de la sucesión climática (evolución)
- Estado de conservación (naturalidad)
- Endemismo.

Según estos criterios se valora cada una de las unidades del 1 al 10. Continuando con el supuesto de los robledales, supongamos que estos tienen un valor de 9.

El procedimiento para extraer el índice de impacto es entonces el siguiente:

$$C_i = (\sum S_u \times v \times 100) / S_e$$

Donde:

$S_u$  = Es la superficie de las unidades de vegetación a valorar.

$V$  = Es el valor de conservación (ponderación).

$S_e$  = Superficie equivalente de las unidades de vegetación consideradas en el ámbito de referencia (comarca).

Esta superficie equivalente se extrae de la sumatoria de todas las superficies de las unidades consideradas en toda la comarca multiplicadas por su correspondiente grado de conservación.

El resultado del cálculo del índice viene expresado en % y para su interpretación se ha de tener en cuenta la situación SIN PROYECTO, que debe ser del 100%; a esta situación sin proyecto se la resta el resultado de la estimación CON PROYECTO. Si las pérdidas de superficie equivalente son superiores a un 30% debe abandonarse el trazado.

Veamos un ejemplo.

Supongamos que antes del proyecto las mediciones referentes a la situación de los robledales, que como hemos dicho antes les atribuimos un valor de conservación de 9 son las expuestas en la tabla X; además, supongamos también que queremos considerar a la vez el impacto sobre una repoblación de pinos, y a los que atribuimos un valor de conservación de 5 (ver la siguiente Tabla X).

**Tabla X**

Unidades de Vegetación	Superficie	Valor de Conservación	Superficie Equivalente
Robledales	46	9	414
Pinar Repoblado	128,12	5	640,6
		Total $S_e$	1054.6

Aplicamos el método descrito:

$$C_i = (46 \times 9 + 128,12 \times 5) \times 100 / 1054,6 = 100 \%$$

Lo que obtenemos (100%) es lógico, pues es el indicador para la situación SIN PROYECTO.

Ahora recurrimos al Sistema de Información Geográfica para realizar la superposición de los planos de proyecto (superficies de invasión) con la cartografía de vegetación y obtenemos los siguientes resultados para la situación CON PROYECTO:

**Tabla XI**

<b>Unidades de Vegetación</b>	<b>Superficie Eliminada</b>	<b>Superficie Remanente</b>	<b>Valor de Conservación</b>
Robledales	2,20	43,80	9
Pinar Repoblado	2,31	125,81	5

Aplicamos de nuevo el método y obtenemos:

$$C_i = (43,8 \times 9 + 125,81 \times 5) \times 100 / 1054,6 = 97,03 \%$$

Como sólo existe una diferencia de coeficientes del 2,97% entre la situación sin proyecto y con proyecto se podría calificar el impacto como Compatible.

## **IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Los excedentes de gas natural seco de los ricos yacimientos de Aguaytía pueden destinarse a satisfacer las necesidades de la población de Pucallpa, permitiendo la generación de empleo, la sustitución de combustibles altamente contaminantes, y el ahorro de importantes divisas para el país.
- El presente Estudio demuestra claramente la viabilidad del Proyecto de Suministro de Gas Domiciliario para uso Doméstico, Comercial e Industrial en la ciudad de Pucallpa; siempre y cuando se cumplan los supuestos sobre aceptación del servicio, régimen tarifario y costo del gas en puerta de ciudad.
- El alto nivel de inversión y el relativamente bajo número de usuarios hacen que el Proyecto del Gasoducto Domiciliario de Pucallpa presente un nivel de riesgo relativamente alto para los inversionistas, siendo por lo tanto importante que exista una adecuada participación de los usuarios industriales.
- Aunque se ha previsto un precio de compra del gas en puerta de ciudad de US 1,0/MBTU, dado que la rentabilidad para los inversionistas es de sólo el 9%, cifra inferior a los estimativos de la DGH que sitúan en el 12% la rentabilidad de proyectos similares, es imperativo lograr una negociación que no supere los US 0,8/MBTU para el gas de Aguaytía en el "City Gate".
- La baja capacidad adquisitiva de la población y la estacionalidad del empleo no permiten ofrecer el servicio con tarifas superiores a las señaladas en el Estudio, las cuales, salvo el caso de la leña, son altamente competitivas con el GLP y el kerosene utilizados por los usuarios domésticos.
- Las obras civiles correspondientes al gasoducto de acero y a la red de distribución en polietileno generarán gran cantidad de mano de obra no calificada, circunstancia que mejorará el nivel de ingresos de la población durante un período de tres años, potenciará la actividad comercial y mejorará el suministro de bienes y servicios en Pucallpa.
- Son innumerables las ventajas económicas del uso del gas natural; pero su mayor contribución está vinculada directamente a la mejoría de las normas ambientales

- Debido a su pureza, produce una quema limpia y uniforme, sin la presencia de hollín y de otras sustancias que puedan perjudicar el medio ambiente. Al sustituir, por ejemplo, la leña, el gas reduce la deforestación.
- La atención está orientada hacia el medio ambiente, el gas natural se convierte en la mejor alternativa energética del día de hoy un combustible versátil, económico y limpio, que estará disponible en escala compatible con la demanda nacional.
- Ventajas macroeconómicas:
  - Diversificación de la matriz energética
  - Amplia, creciente y dispersa disponibilidad
  - Reducción del uso del transporte carretera-ferrocarril-hidrovías
  - Atracción de capitales de riesgo externos
  - Mejoramiento del rendimiento energético
  - Mayor competitividad de las industrias
  - Generación de energía eléctrica junto a los centros de consumo
  - No exige gasto de energía con el calentamiento para la quema
  - Aumento de la oferta de empleos
  - Elimina el costo de almacenamiento

**Figura 10**



➤ Ventajas ambientales de seguridad:

- No presenta restricciones ambientales
- Reduce la deforestación
- Composición química constante, sin compuestos pesados
- Elimina el manipuleo de productos químicos peligrosos
- Elimina el tratamiento de efluentes de los productos de la quema
- Mejora la calidad del aire en las grandes ciudades
- Extremadamente baja presencia de contaminantes
- No existe emisión de partículas (cenizas)
- No exige tratamiento de los gases de combustión
- Rápida dispersión de las pérdidas
- Uso en vehículos automotores, disminuyendo la contaminación urbana

**Fig. 11**



➤ Ventajas directas para el usuario:

- Mayor seguridad operativa
- Reducción de enfermedades respiratorias



- Mayor vida útil de los equipamientos
- Obtención de curvas de temperatura ideales
- El calor energético quemado se aplica directamente al producto
  
- Permite usar la red existente
- Fácil adaptación de las instalaciones existentes
- Menor inversión en almacenamiento /uso de espacio
- Menor corrosión de los equipamientos y menor costo de mantenimiento
- Menor costo de manipuleo de combustible
- Menor costo de las instalaciones
- Combustión fácilmente regulable
- Alto rendimiento energético
- Admite gran variación en el flujo
- Pago después de consumido

**Fig 12**



La crisis energética y ecológica mundial obliga al uso de combustibles limpios y de costos accesibles que permitan independizarse estratégicamente de las fuentes tradicionales.

## X. Bibliografía

- 1.- Un túnel de luz en el fin -Revista de Galileo, p.30-35, 2000 de agosto
- 2.- Resoluciones de la CONAMA - Ministerio del Medio Ambiente, 2000.
- 3.- EIA Consolidados del gasoducto Bolivia-Brasil, PETROBRÁS, 1997.
- 4.- Informe de Energía - Gaceta jornal de Mercantil, jun / 2000.
- 5.- Energía: Conduciendo el Desarrollo Brasileño, Petrobras Magazine p.29-33, 2000.
- 6.- Administración Ambiental del Gasoducto Uruguaiana - Porto Alegre, 1999/2000.
- 7.- EIA de la Hidroeléctrica Paracambi - Light, 1999.
- 8.- EIA de la Termoeléctrica RJ - CDSA, 1998.
- 9.- Plan nacional para Gas Natural-Óleo & Gas, p.10-14, 1987.
- 10.- El Sistema Eléctrico del Brasil - ONS Informe, 2000 de agosto.
- 11.- La red logística del gas natural - Ingeniería, p.39-61, 2000.
- 12.- La RedGasEnergia y la Función TECNOLOGÍA por Michel Fabianski Campos.
- 13.- Newton Paterman Brasil - ingeniero electricista, ingeniero de equipamientos senior, consultor de la Coordinaduría de Proyectos de Energía de la firma Petrobras Distribuidora, maestría en Planificación Energética por la COPPE/UFRJ.