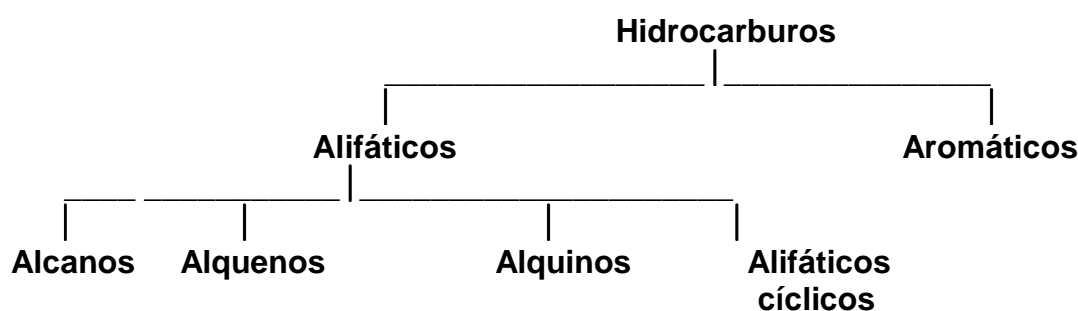


Metano como fuente alternativa energética.

Introducción:

Es el llamado gas de los pantanos, hidrocarburo de fórmula **CH₄**, el primer miembro de la serie de los alcanos. Es más ligero que el aire, incoloro, inodoro e inflamable. Se encuentra en el gas natural, como en el gas grisú de las minas de carbón, en los procesos de las refinerías de petróleo, y como producto de la descomposición de la materia en los pantanos y basureros. Es uno de los principales componentes de la atmósfera de los planetas Saturno, Urano y Neptuno.

Los hidrocarburos se dividen en dos clases principales: **alifáticos y aromáticos**. Los primeros se subdividen en familias: alcanos, alquenos, alquinos y sus análogos cíclicos (cicloalcanos, etc.)



1. Estructura del metano.

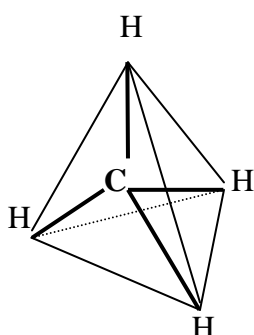
1.1 Composición química.

Los cuatro átomos de hidrógeno está unido al de carbono por un enlace covalente, es decir, compartiendo un par de electrones.

Cuando el carbono está unido a cuatro átomos, sus orbitales enlazantes (orbitales sp^3 , formados por mezcla de un orbital s y un orbital p) se dirigen hasta los vértices de un tetraedro.

1.2 Conformación espacial.

Su disposición atómica es tetraédrica, donde cada núcleo de H_2 debe ubicarse en cada vértice, lo que permite a los orbitales estar separados al máximo. Para que cada uno de estos orbitales solape al orbital esférico s de un átomo de hidrógeno con efectividad máxima, formando así un enlace más fuerte, cada núcleo de hidrogeno debe ubicarse en un vértice de este tetraedro. Su peso atómico es de **16.04 uma** y fórmula química **CH₄**



El tamaño de cada unión entre los átomos de hidrógeno y de carbono es de 1,10 Å y el ángulo entre ellos es de 109,5°

La estructura tetraédrica del metano ha sido verificada por la difracción de electrones.

Propiedades del gas	
$\Delta_f H_{\text{gas}}^0$	-74.87 kJ/mol
$\Delta_f G_{\text{gas}}^0$	-50.828 kJ/mol
S_{gas}^0	188 J/mol·K
C_m	35.69 J/mol·K

Estas medidas se corresponden al SI y en condiciones normales (0°C y 1 atmósfera).

1.3 Propiedades físicas.

La unidad de un compuesto no iónico, sea sólido, líquido o gaseoso, es la molécula. Como la molécula de metano es muy simétrica, las polaridades de los enlaces carbono-hidrógeno individuales se anulan, de lo que resulta que la molécula en sí no es polar.

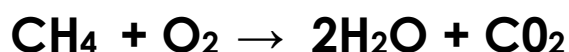
La atracción entre tales moléculas no polares queda limitada a las fuerzas de **Van der Waals**; para moléculas tan pequeñas, estas fuerzas atractivas deben ser muy débiles, comparadas con las intensísimas entre iones sodio y cloruro, por ejemplo. No debe ser sorprendente, por tanto, que esas fuerzas atractivas sean vencidas con facilidad por la energía térmica, de modo que la fusión y ebullición se producen a temperaturas muy bajas: p.f. -182.5°C , p.e. -161.5°C . (Compárense estos valores con los correspondientes para el cloruro de sodio: p.f. 801°C , p.e. 1413°C .) En consecuencia, el metano es un gas a temperatura de 15°C y 1 atmósfera. Otra propiedad que cabe destacar es, que apenas soluble en agua que es de 1ml/100 ml a 20°C : 3.3, pero muy soluble en líquidos orgánicos, como gasolina, éter y alcohol. Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.6. La temperatura de auto ignición: 537°C .

1.4. Propiedades caloríficas.

- Calorías por gramo: 12 Kcal.
- Calorías por gramo de CO_2 : 4,5 Kcal.

Siendo las entalpías de formación respectivas:

- $\delta H_{\text{o}}^{\text{f}} (\text{CH}_4) = 17,9 \text{ Kcal/mol}$.
- $\delta H_{\text{o}}^{\text{f}} (\text{CO}_2) = 94,1 \text{ Kcal/mol}$.
- $\delta H_{\text{o}}^{\text{f}} (\text{H}_2\text{O}) = 57,8 \text{ Kcal/mol}$.



Tendremos:

$$\delta H_{\text{c}} = 94,1 + 2 \times 57,8 - 17,9 = 191,8 \text{ Kcal/mol} = 12,0 \text{ Kcal/g}$$

2. Orígenes del metano.

El metano se produce por la descomposición de sustancias vegetales, principalmente celulosa, por la acción de microorganismos, y se desprende del cieno de algunos pantanos, por lo que también suele denominarse *gas de los pantanos*. Los orígenes principales de metano son:

2.1. Descomposición de los residuos orgánicos 28%.

Agente común de descomposición es el calor, que puede descomponer tanto los compuestos inorgánicos como los orgánicos. La descomposición también puede producirse por la acción química, la catálisis, las bacterias, las enzimas y la luz. La fermentación, por ejemplo, es causada por la acción de las enzimas.

El término descomposición se aplica también al fenómeno de desintegración biológica o putrefacción causado por los microorganismos. Sin embargo, mediante la descomposición también pueden obtenerse productos útiles como el petróleo.

2.2. Fuentes naturales (pantanos) 23%.

Bacterias que obtienen su energía a través de la producción metabólica de gas metano, a partir del dióxido de carbono y del hidrógeno. La mayoría son anaerobias, es decir, que viven en ausencia de oxígeno. Las bacterias de este género, provocan la descomposición anaerobia de la materia de origen vegetal, por ello se encuentran en las charcas, en el suelo y en el tracto digestivo de las vacas y de otros rumiantes.

2.3. Extracción de combustibles fósiles 20%.

El metano tradicionalmente se quemaba y emitía directamente. Hoy día se intenta almacenar en lo posible para reaprovecharlo formando el llamado gas natural.

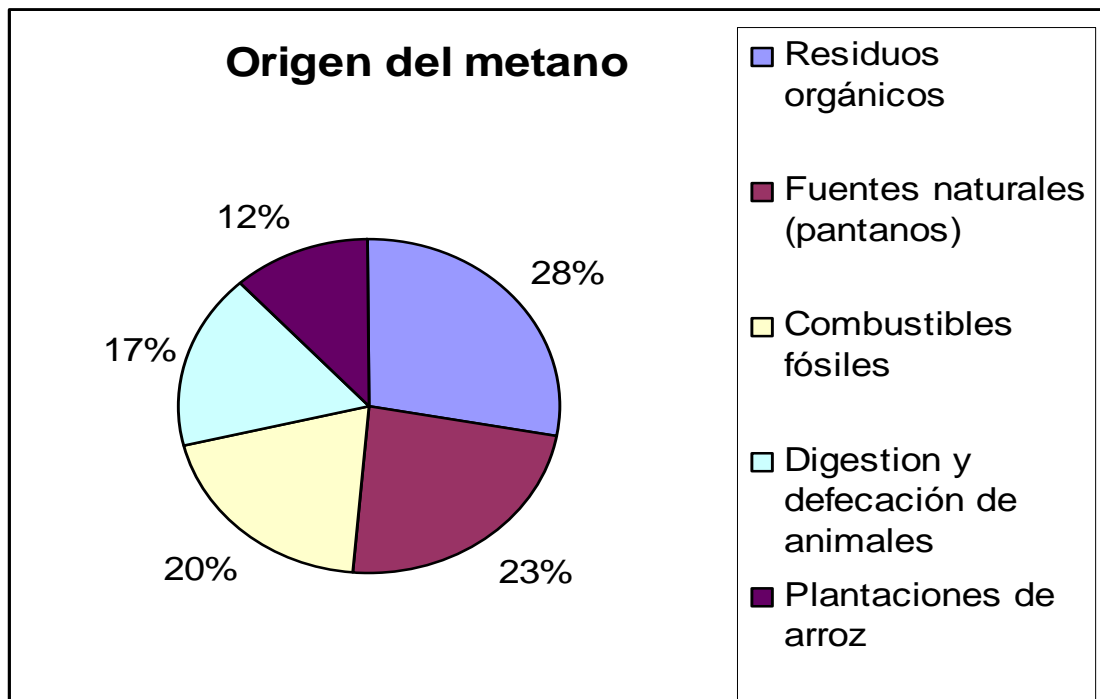
2.4. Los procesos en la digestión y defecación de animales 17%.

Especialmente del ganado generado por las bacterias del trasto digestivo.

2.5. Las bacterias en plantaciones de arroz 12%.

La agricultura da cuenta de alrededor de una quinta parte del efecto invernadero produciendo cerca del 50 y el 70% respectivamente,

de todas las emisiones antropogénicas de CH_4 y N_2O , aunque esta última no nos interesa en este proyecto.



3. Fuentes de obtención de metano.

3.1. Petróleo

El petróleo, al igual que el gas natural que le acompaña en bolsas, constituye la principal fuente de alcanos hasta el C_{40} , por destilación pueden separarse de él multitud de productos útiles, denominados fracciones. En la primera fracción de la destilación del petróleo, consistente en calentarlo por debajo de los 20°C . Los primeros son metano (CH_4), el etano (C_2H_6) y el butano (C_4H_{10}) siendo los principales componentes de los gases del petróleo, así como de otras sustancias orgánicas.

3.2. Gas Natural

Está compuesto por hidrocarburos muy bajos, desde C_1 a C_8 aproximadamente. Los porcentajes máximos corresponden a los más volátiles. Así al metano suele corresponderle un 80% de la mezcla. El propano y butano se separan por licuefacción y se expenden en el comercio en cilindros a presión. El resto, conducido por gaseoductos a las ciudades, se emplea también como combustible.

3.3. Obtención de metano en vertederos.

La fracción de residuos de transformados vegetales que se deposita en vertedero es susceptible de someterse a tratamiento con el resto de residuos urbanos para la obtención de metano. Se llama **mecanización** de residuos sólidos al proceso de fermentación anaeróbica de los componentes orgánicos de los mismos. Dicha fermentación es producida por bacterias que se desarrollan en ambientes carentes de oxígeno. Durante el proceso de transformación de la materia orgánica (digestión) dichas bacterias producen un gas denominado por su origen "**biogás**", el cual se compone fundamentalmente de metano (CH₄) y de dióxido de carbono (CO₂).

Los porcentajes de participación de estos gases son variables y dependen de las condiciones físico-químicas en que se desarrolla la digestión de la materia prima. El metano se puede utilizar en la producción de energía eléctrica y de energía térmica.

La tecnología anaerobia aplicada a la biometanización de los residuos sólidos urbanos es una tecnología madura con posibilidad de ser aplicada a cualquier tipo de fracción orgánica independientemente de su origen (forma de selección) o de su grado de humedad. La biometanización se aplica generalmente seguida de un proceso de compostaje, dado que el residuo una vez digerido, no posee las características idóneas para ser utilizado en agricultura.



Un ejemplo de que esto es posible se da en una ciudad costera China de ámbito metropolitano. Vamos a contar un breve resumen de lo que allí esta sucediendo:

Hangzhou está localizado en el delta del río Yangtze, al Sureste de China, en una región costera cuya economía goza de un cierto nivel de desarrollo. Esta ciudad confiere gran importancia a la mejora de sus condiciones ambientales, siempre poniendo énfasis en la idea de que el desarrollo de la economía urbana debe ser compatible con la mejora de las condiciones de vida, y que la reestructuración económica debe estar en armonía con el desarrollo de la vida humana y la existencia.

Durante los diez últimos años, la ciudad ha invertido 110 millones de RMB en la construcción de un vertedero sanitario que, con una capacidad diaria de 2300 a 5000 ton. de residuos sólidos, respeta la capacidad máxima permitida por el estado, y en una central de obtención de energía eléctrica a partir de los gases emitidos en el vertedero, con una producción de 46.500 kw.h por día. Ambas iniciativas han puesto fin al espinoso problema de la presencia de residuos sólidos en un ambiente limpio, problema que ha estado importunando a los 1.7 millones de habitantes de la ciudad de Hangzhou y a los 150.000 residentes en la ciudad satélite de Yuhang. El vertedero tiene una capacidad de 6 millones de m³ y una vida estimada de 13 años, de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

Se puede afirmar que cada año se consigue la recuperación ecológica de una superficie aproximada de 0.5 Ha. de vertedero. La fase I de la central eléctrica produce un beneficio anual de 7.2 millones de RMB, y reduce la emisión de los gases contaminantes en el vertedero, a razón de 12 millones de m³ (de los cuales 9 millones de m³ son de metano, 3 millones de dióxido de carbono, y 4000 m³ de ácido sulfhídrico).

La iniciativa ha recibido numerosos premios nacionales, incluyendo "el Mejor Proyecto de Protección Ambiental", por el *Ministerio de Construcción*, y "la Mejor Aplicación Tecnológica a la Protección Ambiental", por la *Comisión Estatal de Ciencia y Tecnología* y la *Oficina Estatal de Protección Ambiental*. Así mismo, sirve como experiencia ejemplar para otras ciudades de mediano y gran tamaño del país, en cuanto a la gestión y eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) mejorando el entorno ambiental, y en la recuperación de los residuos reciclables así como en la implantación del desarrollo sostenible.

Además de Hangzhou podemos afirmar que también se prepara Cuba para la producción de energía eléctrica a partir de residuos sólidos orgánicos. Se ejecuta la primera planta piloto de producción de biogás a gran escala, en áreas cercanas al Vertedero Calle 100, en la capital. La tecnología de la planta es alemana. Muy moderna. En China está instalada, razón por la cual personal nuestro viajó a la hermana nación para capacitarse y entrenarse in situ. También fue estudiada

durante un año en nuestros laboratorios, realizándose las pruebas pertinentes para comprobar la obtención de biogás a partir de los residuos que se generan en nuestro país y de algunas mezclas.

Una vez que la planta comience a operar, las materias orgánicas serán objeto de una clasificación visual en el área de recepción a fin de evitar que metales pesados, vidrios o plásticos lleguen a la trituradora, lo cual dañaría la cuchilla. Una vez triturados van directamente al tanque colector, después a un tanque de hidrólisis donde permanecerán entre 24 y 36 horas.

De este pasarían al digestor, donde ocurre la fermentación anaeróbica y, como resultado de un proceso de retención, se produce el biogás para luego filtrarlo en la torre de sulfuración y, de ahí, pasa a alimentar de manera directa el grupo electrógeno que generará energía eléctrica que se utilizará en nuestra propia unidad, sus talleres, su bomba de combustible, áreas de oficinas.

Ese es, en pocas palabras, el ciclo de producción del biogás hasta ser convertido en electricidad, precisa el responsable de la construcción de la planta piloto. A su vez, como subproducto vamos a obtener un fertilizante nitrogenado y un lodo —que él mismo va a ser estabilizado en el *compost* (abono orgánico), luego de una semana. Ambos pueden ser materia orgánica factible de emplear en la agricultura.

3.4. Otros métodos abiogénicos.

Casi todo el metano en la Tierra tiene un origen biológico, los científicos han comenzado recientemente a apreciar los muchos medios abiogénicos en que el metano puede ser generado. La precondition esencial para el metano abiogénico, según una científica llamada Juske Horita de la División de Ciencias Químicas en el Laboratorio Oak Ridge en Tennessee, es la presencia de hidrógeno molecular (H_2) y anhídrido carbónico.

La mayor parte del metano abiogénico es generado por una reacción de "**serpentinización**", que forma el mineral serpentina. En las cadenas oceánicas, el agua calentada por el magma reacciona con rocas como el olivino, que contiene elevados niveles de los catalizadores hierro y magnesio. Durante la *serpentinización*, el hidrógeno liberado a partir del agua reacciona con el carbono del anhídrido carbónico y forma el metano. La reacción genera calor y vastos depósitos de serpentina en el fondo del océano. Hasta hace poco tiempo, se pensaba que las reacciones abiogénicas de agua, minerales y anhídrido carbónico, incluyendo la serpentinización, requerían agua a 200°C.

Hay indicios de que reacciones similares productoras de metano podrían tener lugar en condiciones más frías. Horita, por ejemplo, hace notar que la serpentinización puede ocurrir en el agua a entre 50 y 70 grados C en Omán y las Filipinas.

A pesar de los descubrimientos de múltiples nuevos caminos de producción de metano abiogénico, la mayor parte del metano en la Tierra es biogénico.

3.5. Procedimientos Sintéticos

- **Proceso Bergius:** se hidrogena carbón en presencia de catalizadores a altas temperaturas y presiones.
- **Proceso Fischer-Tropsch:** se parte de gas de agua enriquecido con hidrógeno y se le hace pasar por un catalizador en caliente.
- **Destilación Seca:** de esta forma se obtiene metano de muchas sustancias orgánicas, como la madera, turba, hulla, rocas bituminosas, etc.
- **Síntesis Directa:** se hace actuar el hidrógeno sobre el carbono a 1200°C.



4. Licuefacción.

Licuación del aire.

El necesario enfriamiento del aire para licuarlo no puede lograrse en la práctica por contacto mediato con un fluido de temperatura suficientemente baja, porque tal fluido no existe; se usa el aire licuado para licuar el helio o el hidrógeno y no al revés. La realización práctica se lleva a cabo:

1. Compresión isotérmica (a temperatura constante) del aire, que aporta la energía necesaria para el proceso.

2. Expansión del mismo, en la que se origina el frío. Esto último se produce de dos formas, ambas utilizadas industrialmente:

a) Expansión isentálpica (a entalpía (v.) constante), cuando el aire se deja expandir a través de una estrangulación de una llave poco abierta, por ejemplo: sin producir trabajo exterior. El enfriamiento se produce a costa de la energía interna de las moléculas gaseosas, de acuerdo con el primer principio de termodinámica, y el correspondiente salto de temperatura se denomina efecto **JouleThomson**.

Industrialmente fue utilizado por primera vez por Linde (1895) para licuar el aire.

b) Expansión isentrópica (*a entropía (v.) constante*), cuando el aire se expande en el interior de un sistema émbolocilindro, con producción de trabajo externo. El grado de enfriamiento que se logra es bastante mayor que en el caso anterior y, además, al poderse recuperar parte del trabajo de expansión resulta aliviado el gasto de compresión previa.

Este efecto refrigerante lo utilizó por primera vez con fines industriales G. Claude (1902). El inconveniente reside en la dificultad práctica de efectuar la operación, por aparecer aire licuado en el expansor que produce dificultades mecánicas y térmicas y en la lubricación de un sistema mecánico a temperatura tan baja.

En la práctica el frío necesario no se consigue de una sola vez, sino por varias repeticiones de la **compresión-expansión** y aprovechando el frío de los productos resultantes aire no licuado o los gases producidos en la destilación para preenfriar el aire comprimido antes de su expansión. Resultan así los ciclos de Linde (*isentálpico*) y de Claude (*isentrópico*).

El ciclo de Linde ha incorporado dos importantes mejoras: la prerrefrigeración y el doble ciclo de expansión. La prerrefrigeración enfría el aire comprimido antes de su expansión isentálpica, aprovechando que el enfriamiento de la expansión es más intenso a 40° C° que a temperatura ordinaria (mayor diferencia de temperaturas antes y después de la expansión). Este enfriamiento previo, complementario del obtenido con los gases del propio ciclo, se consigue de forma sencilla y económica haciendo circular el aire comprimido por un serpentín bañado por amoníaco líquido. El frío así producido es más barato que el obtenido por vía isentálpica y el rendimiento de la licuación se eleva un 40% aproximadamente.

El doble ciclo de expansión se adoptó al analizar la dependencia entre frío producido y trabajo consumido en la expansión. En efecto, el trabajo es función del cociente entre las presiones final e inicial, mientras que el descenso isentálpico de temperatura depende de la diferencia de presiones. Interesa operar, por tanto, con presiones cuya diferencia sea máxima y cuyo cociente sea mínimo; esto puede apreciarse al comparar dos supuestos a las presiones siguientes:

- a) de 1 a 50 atmósferas.
- b) de 150 a 200 atmósferas.

La diferencia de presiones es la misma en ambos y, por tanto, también la producción de frío, pero el primero consume 3,6 veces más energía que el segundo.

5. Aplicaciones del metano.

5.1. Aplicaciones domésticas.

En cuanto a aplicaciones domésticas podemos decir que se suele utilizar mezclado con otros gases para formar el gas natural o el gas ciudad el cual se puede utilizar, como muchos ya conocemos, para el calentador de agua, mantener nuestros hogares calientes en invierno mediante la calefacción de gas natural. La distribución de este en la ciudad es mediante tuberías que llegan a las casas. Con las colocaciones de seguridad necesarias y los procedimientos oportunos podemos tener una instalación de gas natural, el cual ha sustituido al butano, casi por completo, ya que su bajo costo y no tener que "pedir las bobonas cada vez que se te acaban" lo hace más útil. Ahora esta en competición de la electricidad.

5.2. Aplicaciones automovilísticas.

Aquí no tenemos muchas aplicaciones ya que el hidrógeno es el combustible que está abarcando esta industria pero si es cierto que se están haciendo pruebas. Una de ellas es el "Panda -Panda", con motor "Natural Power" que se trata de un automóvil de bajo impacto medioambiental equipado con el motor 1.2 8v con doble alimentación gasolina/metano. Sólo con el motor de metano tiene una autonomía de 300 km.

5.3. Aplicaciones espaciales.

El 16 de Enero del 2007 se hizo un test con motores (turbinas) alimentados con metano en el desierto Mojave. No fue una prueba más ya que la mayoría de los cohetes de la NASA son alimentados por medio de oxígeno líquido e hidrógeno o combustible sólido químico.



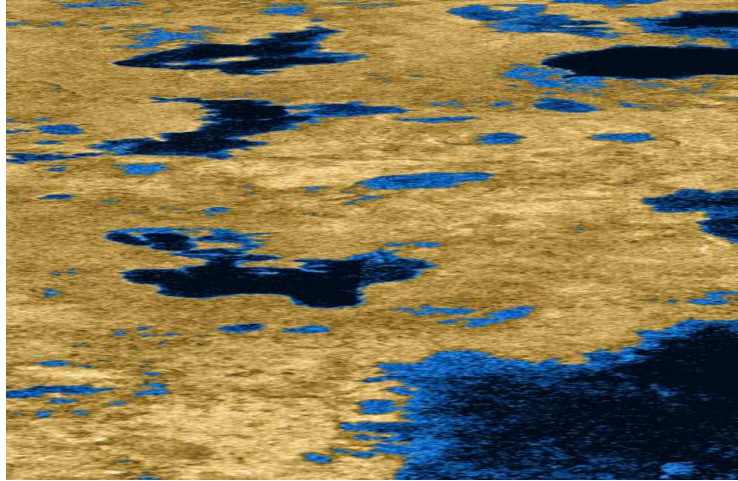
Esto es solo una prueba por que todavía no está preparado para volar en el espacio. Pero la tecnología está disponible, y los motores de metano como éste, podrían ser la clave para la exploración espacial.

El metano es muy abundante en muchos lugares diferentes del Sistema Solar exterior. Puede ser extraído de Marte, Titán, Júpiter y muchos otros planetas y lunas. En las atmósferas de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno tienen metano, y Plutón está helado con hielo de metano en su superficie. Nuevos tipos de misiones pueden ser concebidos utilizando el metano.

Siendo un combustible esperando en el destino, un cohete podría necesitar menos combustible a la hora del lanzamiento y de esta forma reducir el coste y peso de las misiones. Además otra ventaja a considerar de llevar este combustible es: el hidrógeno líquido utilizado por el trasbordador espacial tiene que ser almacenado a $-252,9^{\circ}\text{C}$, casi en el cero absoluto, mientras que el metano líquido, sin embargo, puede ser almacenado a t° más altas, concretamente a $-161,6^{\circ}\text{C}$. Esto significa que los tanques de metano no necesitarían tanto aislamiento, haciéndolos más ligeros y más baratos para su lanzamiento. Además los tanques serían más pequeños porque el metano es más denso que el hidrógeno, ahorrando todavía más dinero en peso. Otra ventaja mas es el metano es un elemento menos tóxico, se le considera un "combustible verde". No necesitas ponerte un traje HAZMAT (hazardous materials) (Elementos peligrosos) cuando manejas combustible de este tipo.

Increíblemente, este gas inflamable nunca ha impulsado una nave anteriormente. Pero ahora los científicos y los ingenieros en Marshall, están desarrollando un motor LOX/metano como una opción de futuro.

Este trabajo está financiado por el Programa de Desarrollo de Tecnología y Exploración de la NASA y muestra como hay tecnologías que están siendo desarrolladas ahora y que algún día se utilizarán en misiones espaciales "El metano tiene tantas ventajas".



Esta imagen en falso color creado con imágenes de radar, muestran lo que los científicos creen que son lagos de metano en Titán.

Es posible que los motores de LOX-metano sean utilizados en los cohetes y sondas en el futuro. La llamada blanca en el desierto fue solo el primer paso.

5.4. Aplicaciones industriales.

En cuanto a las aplicaciones industriales podemos distinguir dos tipos de producciones que son la producción única de energía eléctrica y la producción conjunta de energía en forma de calor y en forma de energía eléctrica. Además de estas podemos obtener que en la industria también podemos utilizar el gas metano como sustituto de combustibles como el diesel, carbón, madera, kerosene...etc. Ahora pasaremos a proponer los distintos tipos de industria que aprovechan el metano:

5.4.1. Aplicaciones industriales (industria del vidrio).

Las propiedades físico-químicas del gas natural han hecho posible la construcción de quemadores que permiten una llama que brinda la luminosidad y la radiación necesarias para conseguir una óptima transmisión de la energía calórica en la masa de cristal. Asimismo es importante mencionar que con el gas natural el producto final (vidrio) sale limpio.

5.4.2. Aplicaciones industriales (industria de los alimentos).

En la producción de alimentos el gas natural se utiliza en los procesos de cocimiento y secado. El gas natural es el combustible que permite cumplir las exigencias de calidad ISO, que son requerimientos para ciertos productos de exportación.

5.4.3. Aplicaciones industriales (industria textil).

El gas natural permite el calentamiento directo por convección en sustitución del tradicional sistema de calentamiento mediante fluidos intermedios, con el consiguiente ahorro energético (entre el 20 y el 30%).

5.4.4. Aplicaciones industriales (industria de cerámicas).

El uso del gas natural en esta industria es muy ventajoso debido a que se consigue un ahorro económico y permite la obtención de productos de mejor calidad. Cabe indicar que los productos acabados de esta industria requieren de mucha limpieza y con el gas natural se consigue esta exigencia.

5.4.5. Aplicaciones industriales (industria del cemento).

Los hornos de las cementeras que utilizan gas natural son más eficientes y tienen mayor vida útil; no requieren de mantenimiento continuo y los gases de combustión no contaminan el ambiente como los demás combustibles.

5.4.6. Aplicaciones industriales (fundición de metales).

El gas natural ofrece a la industria metalúrgica variadas aplicaciones. Sus características lo hacen apto para todos los procesos de calentamiento de metales, tanto en la fusión como en el recalentamiento y tratamientos térmicos.

5.5. Generación de energía eléctrica a partir de metano.

El gas natural es el combustible más económico para la generación de electricidad y el que produce menor impacto ambiental. Estas ventajas pueden conseguirse tanto en grandes como en pequeñas centrales termoeléctricas. La generación de electricidad con gas natural es posible mediante turbinas. En estos casos tenemos dos tipos de generación de energía eléctrica a partir del metano que son:

- Generación de energía eléctrica con ciclo simple
- Generación de energía eléctrica con ciclo combinado

5.6. Cogeneración a partir de metano

Se denomina Cogeneración a la producción conjunta de Energía Eléctrica y Energía Calorífica aprovechable, en forma de gases calientes.

La Cogeneración es una forma eficiente de cubrir las necesidades energéticas de las instalaciones industriales en prácticamente todos los sectores de la actividad (calefacción, calentamiento de agua, etc.). Tenemos dos tipos de cogeneración que son:

- Cogeneración simple con turbina de gas
- Cogeneración aprovechando gases de combustión del horno

6. Hidratos de metano

Los hidratos de metano constituyen una potencial fuente de energía, que cobra cada vez mayor importancia dado el progresivo agotamiento de los recursos energéticos del planeta [1]. Los hidratos de carbono consisten en compuestos de inclusión cristalinos (clatratos) de agua y metano, similares al hielo, en donde las moléculas de agua forman una estructura tridimensional (anfiteón) que aloja en su interior la molécula de gas metano (huésped). Una composición tipo estaría formada por 5,75 moléculas de agua que rodean una molécula de metano. Su formación tiene lugar a bajas temperaturas ($< 0^{\circ}\text{C}$) y presiones moderadas o altas. Los yacimientos de hidratos de metano se encuentran en las plataformas continentales de los mares y océanos, y el manto de las zonas árticas [3].

6.1. Interés de los hidratos de metano

El interés de los hidratos de metano como recurso energético es evidente dada la presencia de metano en su composición. Asimismo, es el combustible fósil más limpio con el medio ambiente por su elevada relación H/C y con una aplicabilidad creciente no sólo como fuel sino también como materia prima química. Por otra parte, el volumen potencial disponible de hidratos de metano es enorme. Se estima que

existen unas reservas aproximadas de metano en forma de hidratos de 13.000 Tm³ (T (tera) = 10¹²) mientras que la capacidad existente en los yacimientos de metano convencionales se estima en 180 Tm³ [5]. Asimismo, el volumen total de hidratos de metano indicado representa aproximadamente el doble del resto de combustibles fósiles en todo el mundo. Su distribución geográfica es igualmente interesante puesto que es un recurso menos concentrado que los yacimientos de petróleo y gas natural actuales. Los yacimientos registrados hasta la fecha se encuentran en el Ártico y en las plataformas marinas de la práctica totalidad de los continentes, con lo que un mayor número de países podrían tener acceso directo a este recurso energético [6].

La obtención de metano a partir de sus hidratos plantea una serie de problemas técnicos. Un primer problema está relacionado con la adecuada detección y cuantificación de los yacimientos. El método más utilizado consiste en la realización de perfiles de reflexión sísmico, concretamente en el procedimiento denominado BSR (Bottom simulating reflector, "reflexión simulada del fondo"), que distingue entre diferentes capas del sustrato geológico en función de su mayor o menor impedancia acústica. Una vez detectado el yacimiento, interesa igualmente determinar la naturaleza de los sedimentos minerales a los que se encuentra asociados, normalmente mediante prospección y extracción de muestras in situ. El yacimiento de hidrato de metano puede estar constituido por una gran bolsa separada o en cambio (y esta es la situación más frecuente), presentarse ocupando los espacios entre los diferentes estratos sedimentarios. La importancia del sedimento no debe infravalorarse puesto que resulta más sencilla la extracción del hidrato de metano si el grano del sedimento es grueso en lugar de fino. En este último caso se requiere más tiempo y el esfuerzo económico es sensiblemente superior. Asimismo, la naturaleza química del sedimento (e.g. hierro, aluminio, etc.) influye en el hábito cristalino del hidrato y en su facilidad de nucleación y cristalización, y por ende, en su potencial descomposición. Una línea de investigación actualmente en desarrollo y de gran interés trata de determinar en laboratorio los intervalos de estabilidad (presión, temperatura, composición, difusión) de los hidratos de metano en diferentes medios porosos y de composición química. De esta manera, se pueden determinar las cinéticas de formación/descomposición y el efecto catalítico de las potenciales impurezas. Estos datos poseen un extraordinario valor con vistas a evaluar el potencial de explotación real del yacimiento.

No obstante, el principal problema económico consiste en la extracción del metano de su hidrato para su separación y aprovechamiento posterior. Las dos opciones son la despresurización o el calentamiento directo. La primera alternativa se considera la más factible desde un punto de vista económico y parece ser la que ya se está aplicando en algún yacimiento en Siberia [7]. La segunda vía

requiere calentar el yacimiento, lo cual puede hacerse introduciendo un agente de calefacción (e.g. vapor de agua). Sin embargo, las elevadas profundidades a las que es necesario perforar (> 300 m) hacen inviable la aportación de calor directamente desde la superficie al fondo del yacimiento debido a las pérdidas energéticas producidas durante el transporte. Una solución ingeniosa sobre este problema y que podría hacer viable la alternativa del calentamiento directo es la sugerida por la empresa americana Precision Combustion [1,8]. Esta empresa ha desarrollado una caldera que podría introducirse directamente en el yacimiento, generando el calor necesario para fundir el hidrato liberando el metano. La caldera incorpora una tecnología propia de combustión catalítica basada en un catalizador de platino, que permite realizar una combustión controlada a baja temperatura dentro del yacimiento (por la presencia del catalizador). De acuerdo con sus cálculos, la caldera sólo consumiría un 15% del metano liberado para generar calor, siendo el balance económico un 50% más favorable que la posibilidad de introducir calor directamente desde la superficie. Esta empresa también afirma que esta tecnología permitiría eliminar CO₂ del medio ambiente y secuestrarlo dentro del yacimiento de hidrato de metano. Las razones que aportan es la mayor estabilidad del hidrato de CO₂ con relación al de metano, existiendo incluso a temperaturas mayores.

7. Beneficios del metano

Tenemos grandes ventajas en el metano que no proporcionan la mayoría de los combustibles que se conocen hoy. La primera es que es una energía renovable, por lo que es un recurso que no se agota. En la comparación con los derivados del petróleo como el gasoil, gasolina...etc. es menos contaminante, ya que produce menos cantidad de dióxido de carbono que estos derivados.

Si las ventajas se ven en países como China o Cuba que son países que tienen poco acceso al petróleo, o al menos aldeas en las que es difícil de llegar, el mejor combustible que pueden tener es el metano que lo pueden producir en sus propias casas, ya que se produce por la descomposición de las defecaciones de animales, con un simple biodigestor pueden obtener el metano suficiente para el abastecimiento de sus casas. Si seguimos por ese ámbito el metano es el sustituto en estos países de la leña. La preparación de la leña ocupaba mucho tiempo tanto a hombre como a mujeres. Ahora con el metano en menos tiempo pueden cocinar, lavarse y realizar muchas tareas domésticas que antes no podían realizar ya que tenían que preparar la leña.

Si nos basamos en el cambio climático, el metano, según los científicos, es un gas de efecto invernadero que en caso de producirse

naturalmente como en el caso de defecaciones de animales por ejemplo este se libera y produce dicho efecto, si el gas lo aprovechamos ralentizaremos el cambio climático.

Como recurso en países subdesarrollados proporciona enriquecimiento, ya que el elevado precio del petróleo y el mínimo coste de obtención de metano hacen que se ahorren mucho dinero. Además el metano producido en las granjas, además de metano se obtiene fertilizantes ecológicos y que no dañan el ecosistema. Además de ahorrarse el precio del metano se ahorran el precio del fertilizante.

La única desventaja es que es mas inseguro que el petróleo, ya que al ser un gas necesitan mas preparaciones para contenerlo y poderlo utilizar, pero si nos vamos a la nueva gama de coches híbridos de metano y gasolina veremos que las modificaciones son mínimas con respecto al mecanismo que lo propulsa.

Si el aprovechamiento es el del hidrato de metano (hielo que arde) podemos decir que hay una gran fuente en el océano, aparece una gran acumulación de este gas mezclado con agua que puede ser aprovechado.

En cuanto a la aeronáutica, se han diseñado motores que funcionan con metano, lo que favorece que los astronautas puedan estar un mayor tiempo fuera, ya que en algunos de los planetas aparece una atmósfera de metano que pueden ser absorbidas por las naves para su posterior utilización en los motores.

Índice:

Introducción.....	1
1. Estructura del metano.....	1
Composición química.....	1
Conformación espacial.....	2
Propiedades físicas.....	3
Propiedades caloríficas.....	3
2. Origen del metano.....	4
Descomposición de residuos orgánicos.....	4
Fuentes naturales.....	4
Extracción de combustibles fósiles.....	4
Los procesos de digestivos y defecación animal.....	4
Las bacterias en las plantaciones de arroz.....	4
3. Fuentes de obtención del metano.....	5
Petróleo.....	5
Gas natural.....	5
Obtención de metano en vertederos.....	6
Otros métodos abiogenicos.....	8
Procesos sintéticos.....	9
4. Licuefacción.....	9
5. Aplicaciones del metano.....	11
Aplicaciones domesticas.....	11
Aplicaciones automovilísticas.....	11
Aplicaciones espaciales.....	11
Aplicaciones industriales.....	13
Aplicaciones industriales (industria del vidrio).....	13
Aplicaciones industriales (industria de los alimentos).....	13
Aplicaciones industriales (industria textil).....	14
Aplicaciones industriales (industria de cerámica).....	14
Aplicaciones industriales (industria del cemento).....	14
Aplicaciones industriales (fundición de metales).....	14
Generación de energía eléctrica a partir de metano.....	15
Cogeneración a partir de metano.....	15
6. Hidratos de metano.....	15
6.1 Interés de los hidratos de metano.....	15
7. Beneficios del metano.....	17