



Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 4, año 2008 ISSN 0718-378X
PP

OBTENCIÓN DE BONOS DE CARBONO MEDIANTE ESTACIONES DE COMBUSTIÓN DE BIOGÁS DE FABRICACIÓN CHILENA

CARBON CREDITS OBTAINMENT USING CHILEAN BIOGAS COMBUSTION PLANTS

Jean-François Bradfer

ABSTRACT

Biogas Combustion Plants constructed by AS&D Consultores are not conventional and their design is innovative world-wide. They are comprised of a biogas extraction plant, a measurement plant and finally combustion and heat dissipation chambers (bioflares); all facilities being controlled and run from an operation room. Flares used are based on air stream flares specially adapted to biogas requirements, with combustion outputs over 99%.

Due to the success achieved after the construction of the first biogas combustion plant in July 2006 (R.S. El Molle – 2,400 m³/h), Chile became a technological competitor in the international market with the implementation of the second largest project in the country (R.S. Santa Marta – 3,000 m³/h), ahead of North-American and European companies, which have been operating in this field for decades.

Nevertheless, multiple reviews conducted in 2006 on the design methodology of biogas combustion plants and specially the “Tool for Calculation of Methane Destruction Efficiency”, led to the appearance of peculiar conditions and limitations whose aspects do not seem to be based on technical or environmental reasons, but rather on technological barriers imposed by countries responsible for paying carbon credits.

KEY WORDS: Carbon Credits - Flare – Biogas –Landfill- ACM0001.

VII-Bradfer-Chile-001

OBTENCION DE BONOS DE CARBONO MEDIANTE ESTACIONES DE COMBUSTION DE BIOGÁS DE FABRICACION CHILENA

Jean-François Bradfer

Ingeniero Francés en Procesos Industriales, llegó a Chile en 1997. En 2004 creó AS&D Consultores dedicada a la asesoría e ingeniería sanitaria y comercializando equipos relacionados con el biogás. En 2005 fabricó la primera antorcha chilena a combustión abierta, y en 2006 diseña, construye y opera las dos primeras Estaciones de Combustión de Biogás de fabricación chilena, en el marco del protocolo de Kyoto.

Dirección:

Los Canteros 8780 – Parque Industrial La Reina – Stgo de Chile – Tel./Fax. : (56) +2 8338462 / 2754017 – www.asdconsultores.cl - email: jf.bradfer@asdconsultores.cl

RESUMEN

Las **Estaciones de Combustión de Biogás** (ECB) fabricadas por AS&D Consultores no son convencionales, y su diseño es una novedad única en el mundo. Se componen de una estación de extracción de biogás, luego de medición, y finalmente de cabinas de combustión y disipación de calor (las biotorchas), todo siendo controlado y operado desde una sala de operación. Los quemadores utilizados se basan en quemadores de tipo vena de aire especialmente adaptados para los requerimientos del biogás, con rendimientos en combustión que han superados los 99%.

Con el éxito obtenido después de la construcción de la primera estación de quema de biogás en julio de 2006 (R.S. El Molle – 2.400 m³/h), Chile ha aparecido ser un competidor tecnológico en el mercado internacional, al haber ganado el segundo proyecto más grande del país (R.S. Santa Marta¹ – 3.000 m³/h) frente a empresas norteamericanas y europeas presentes en el rubro desde decenas de años.

No obstante, las múltiples revisiones² realizadas en 2006 sobre la metodología de diseño de los proyectos de combustión de biogás, y en particular la *Herramienta para el*

¹ Ver reportaje en http://www.expoempresas.net/video_prog_2007/asd.html

² Entre enero y diciembre de 2006 se emitieron las versiones 3,4 y 5 del ACM0001, documento de la ONU sobre Metodología de Diseño de Proyectos de Captación y Quema de Biogás.

*Cálculo de Eficiencia de Destrucción de Metano*³ han hecho aparecer curiosas condiciones y limitaciones cuyos aspectos no aparentan ser siempre razones técnicas o ambientales, pero tal vez barreras tecnológicas impuestas por países a cargo de solventar el pago de los bonos de carbono...

PALABRAS CLAVES

Bonos de Carbono – Antorcha – Biogás – Relleno Sanitario - ACM0001.

³ Annex 13: Methodological “Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane”

INTRODUCCION

El origen de las antorchas nació al tener que quemar las emisiones de gases combustibles (biogás) generadas por procesos industriales, plantas de tratamiento de aguas servidas con proceso anaeróbico, y los rellenos sanitarios, de modo de destruir los malos olores y eliminar los riesgos de explosión e incendio asociado con el gas metano, principal componente del biogás con el CO₂. Pero de ningún modo se pensó en concebir las antorchas en búsqueda de una instalación de total respaldo para permitir un funcionamiento continuo, de una operación “cómoda” como si fuera un proceso productivo y con una eficiencia máxima de destrucción de metano.

Hasta entonces, se fabricaron dos tipos de antorchas: las de combustión abierta donde se pueden ver las llamas al final de un tubo vertical (utilizadas comúnmente en la industria del petróleo) y las de combustión cerrada donde la combustión se realiza dentro de una cámara (más comunes en rellenos sanitarios). Al aparecer el protocolo de Kioto y la **venta de bonos de carbono** para disminuir las emisiones de Gases a Efecto Invernadero (GEI), la mayoría de los fabricantes tuvieron que adaptar sus antorchas convencionales “cerradas” a los nuevos requerimientos exigidos por los Documentos de Diseño de Proyectos (ACM0001) de la ONU.

En paralelo, debido a la experiencia de AS&D Consultores en Procesos Industriales asociados con el biogás en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS El Trebal 4,4 m³/s – PTAS La Farfana 8,8 m³/s), nació la idea de pensar en una instalación especialmente diseñada para cumplir con el ACM0001, y dar mayores comodidades a los clientes, comodidades relacionadas con la operación, la mantención, y un funcionamiento óptimo y continuo; pues se trataba esta vez de un proceso productivo al generar ganancias económicas.

ESTACIONES DE COMBUSTION DE BIOGÁS

Las Estaciones de Combustión de Biogás (ECB) fabricadas por AS&D Consultores no son convencionales, y su diseño es una novedad única en el mundo. Se componen de una estación de extracción de biogás, luego de medición, y finalmente de cabinas de combustión y disipación de calor (las biotorchas), todo siendo controlado y operado desde una sala de operación. Los quemadores utilizados se basan en quemadores de tipo vena de aire especialmente adaptados para los requerimientos del biogás, con rendimientos en combustión que han superados los 99%.

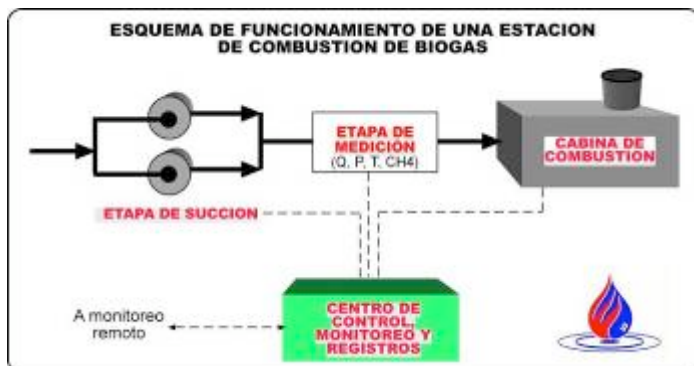


Figura 1: Esquema de una Estación de Combustión de Biogás (ECB)

Es por eso que no ha de esperar encontrar un sistema parecido con las antorchas convencionales. Pues, en este caso es el requerimiento específico que originó las Estaciones de Combustión de Biogás atípicas, totalmente adaptadas intrínsecamente a la combustión eficiente del biogás generados en los rellenos sanitarios.

ETAPA DE DESARROLLO: PILOTO Y ESCALA INDUSTRIAL

La fabricación de la primera ECB obligó la realización de varios pilotos de modo de poder diseñar y probar un tipo de quemador no convencional en las antorchas. Para aquello, se tuvo que probar quemadores del mercado que mostraron ser insatisfactorios, hasta fabricar un quemador especialmente adaptado al biogás, y probándolo con una mezcla de CH₄-CO₂ para lograr simular en taller y con un banco de mezcla un biogás con características similares al generado por un relleno sanitario.

Figura 2: Piloto para probar la combustión de Biogás / Banco de generación de Biogás



A partir del instante de haber comprobado el correcto diseño del sistema, se pudo extrapolar el quemador a una escala industrial, en el marco de un proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) del relleno sanitario El Molle (Valparaíso – Chile).

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA ESTACION DE QUEMA

Después de resolver varias dificultades técnicas y de suministro de materiales en el mercado local, el desarrollo de la ingeniería y la fabricación de una estación prototipo, la puesta en marcha y la operación de dos estaciones han demostrado el éxito, la confiabilidad y maniobrabilidad del equipo, permitiendo comprobar eficiencias de destrucción de metano que superó el 99,9% y ello en varias condiciones de caudal (turn-down >20) lo que no se puede lograr con los clásicos quemadores de tipo venturi, limitados por requerir una velocidad mínima en la boquilla de descarga de gas para poder mezclarse suficientemente con aire de combustión. Además de las ventajas ante expuestas, las ECB tienen la particularidad de enfriar instantáneamente el aire de combustión, permitiendo reducir la generación de NOx.

Un software ha sido desarrollado especialmente para conseguir automatizar la planta, permitir facilitar su operación, calcular los m³ de metano quemado (normalizados: 0°C y 1bar), y asegurar el respaldo de los datos (m³/h, T°C, P, %CH₄, etc.) esenciales para justificar posteriormente la venta de los bonos de carbono.

Para ello ha sido esencial poder interpretar los procedimientos exigidos por la ONU (UNFCCC) y que son detallados en el ACM0001: “*Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities*” (Procedimiento para diseñar proyectos de captación y combustión de biogás en Relleno Sanitario) de modo de mantener la filosofía y su objetivo. Efectivamente, este procedimiento, que se originó en septiembre 2004, ha conocido varios cambios y revisiones para rellenar los vacíos técnicos, evitar interpretaciones incorrectas, o simplemente guiar más estrechamente a los que elaboran proyectos MDL de esta característica. Sin embargo, algunas revisiones no son del todo entendibles, porque excluyen literalmente unas soluciones alternativas que AS&D Consultores elaboró, y que remedian a dificultades probablemente encontradas con las antorchas convencionales más conocidas en el mundo, las que podrían haber justificado aclaraciones y revisiones al ACM0001.

Figura 3: Estación de Quema de Biogás (2.000 m³/h) – R.S. El Molle – Valparaíso – Chile



LAS REVISIONES DISCUTIBLES DEL ACM001

El ACM001 está en su sexta revisión después de tres años de existencia⁴, y en 2006 fue revisado tres veces. Hasta la revisión 3 del ACM001, no se precisaba la metodología de cálculo de la eficiencia de destrucción de metano. Simplemente se consideraba una eficiencia que debía ser determinada mediante una comparación de la concentración de metano (un simple balance de masa) entre el biogás entrante a la antorcha, y el residual en los gases quemados:

$$\text{Eficiencia destrucción metano} = (CH_4 \text{ biogás} - CH_4 \text{ gases quemados}) / CH_4 \text{ biogás}.$$

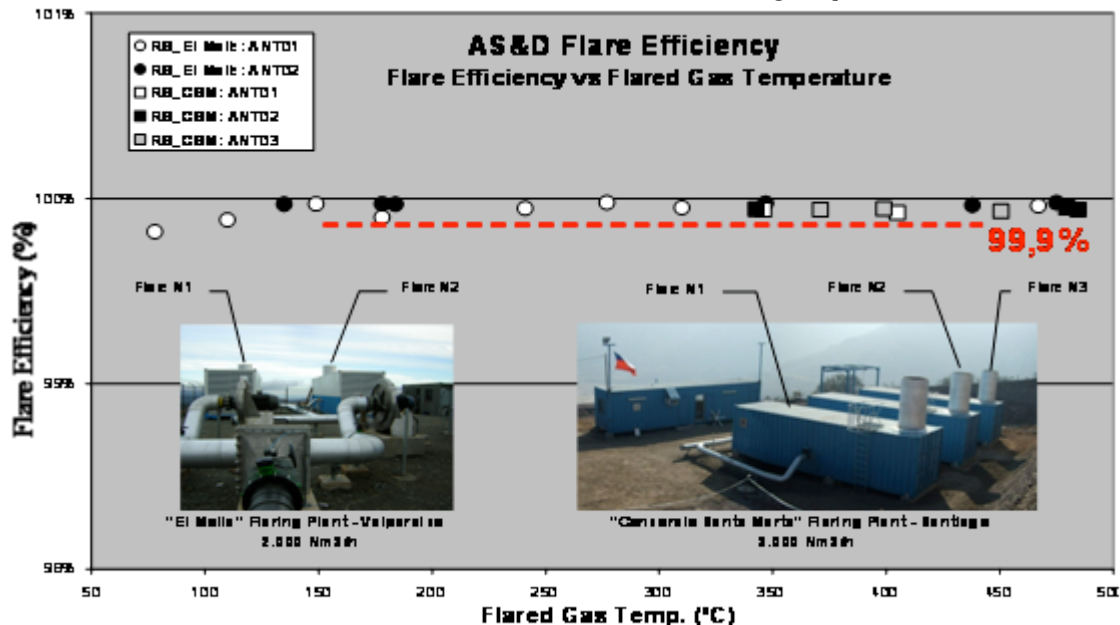
No obstante la simplicidad del método anterior, el ACM precisó que las antorchas abiertas debían considerar una eficiencia (castigo) de 50% (la eficiencia real supera este valor) sin dejar la oportunidad de medirlo y determinarlo, aunque fuera dificultoso por las condición “abierta” de la combustión. En el caso de las cerradas, dicha eficiencia requería todavía ser medida y evaluada; y en el caso de no serlo, se debía considerar un valor por defecto de 90%. Hoy en día (versiones 5 y 6), el ACM001 determina que la eficiencia de combustión de las antorchas cerradas es en el mejor de los casos de 90%, y además integra el parámetro de la temperatura de los gases quemados, precisando que si éste es inferior a 500°C, la eficiencia es de cero.

Aquella nueva restricción excluye las ventajas logradas con las biotorchas las cuales, durante pruebas realizadas en Chile, han demostrado siempre superar el 99,8% con

⁴ Este artículo se escribió en 2007 fecha a la cual el ACM001 estaba en su revisión 6. Actualmente (2008) existe en su versión 8, y lo expresado en este artículo sigue vigente a la fecha.

temperaturas entre 100 y 450°C, y superior a 99,9% si las temperaturas sobrepasan el 150°C. La alta eficiencia lograda como asimismo su estabilidad (o independencia con la temperatura de los gases quemados) se debe al diseño propio de los quemadores cuya eficiencia de combustión no se altera al aportar aire de enfriamiento. Al desconocer la particularidad de estas ECB, en el mejor de los casos la ONU estaría castigando de casi 10% las cantidades de metano quemado, desconsiderando cantidades no menospreciables que podrían ser transadas como bonos de carbono.

Figura 4: Eficiencia de destrucción de CH₄ en función T gases quemados



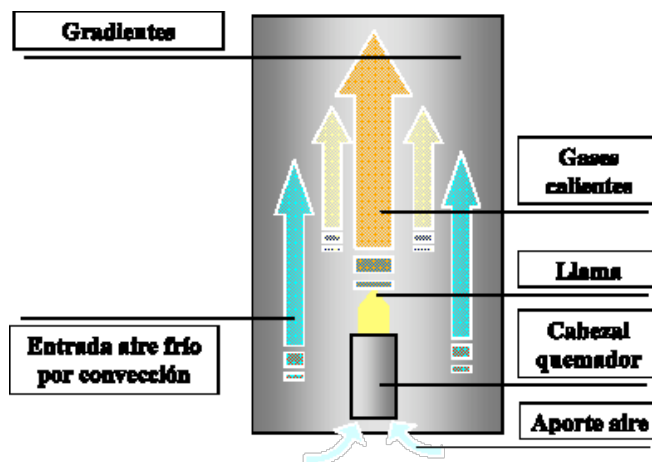
Luego, a partir de la versión 5 aparece la definición de una antorcha cerrada como un equipo (...) que **incluye un damper** por donde al aire es admitido para la combustión. Las antorchas de AS&D Consultores no llevan *damper*, porque el aporte de aire se realiza de manera forzada mediante ventiladores cuya velocidad es ajustada automáticamente.

Finalmente, el mismo documento incluye un anexo (*"Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane"* - EB28 Annex 13) que detalla como calcular la eficiencia de destrucción de metano mediante un método indirecto que aproxima el caudal en chimenea (gases quemados) a partir del análisis del oxígeno consumido, sin autorizar en forma clara el uso de cualquier otro método alternativo, e incluso el simple balance de masas mucho más directo, más preciso, y matemáticamente equivalente. Se presume que se desarrolló este método al encontrar dificultades para la medición de velocidad en chimenea de antorchas convencionales imposibilitando el cálculo del caudal efectivo de los gases quemados, dificultad no encontrada en el caso de nuestras *biororchas* en donde las velocidades superan el 15m/s.

Y si el método del anexo 13 determina el caudal en chimenea (para conocer el caudal másico del metano residual y poder calcular la eficiencia) mediante medición de las concentraciones de O_2 , su resultado se hace aún más impreciso al desconsiderar los gradientes existentes dentro de la chimenea de una antorcha convencional, donde un aire frío de dilución es introducido en forma descontrolada por la convección generada por la llama interior.

Pues, al tener gradientes de temperatura, de velocidad de gases en chimenea, y de concentración de componentes (CH_4 , O_2 , CO_2 etc.), son demasiadas variables para saber con seguridad y facilidad en que puntos de la “campana” de *Gauss* se deben hacer las mediciones y el muestreo. Por lo mismo, se dificulta asegurar la precisión de los resultados, y por ende la eficiencia obtenida, debido a un método indirecto que integra muchos parámetros medidos, y cuyas numerosas fórmulas matemáticas van acumulando los errores de medición. Ello podría explicar el por qué el ACM0001 acepta hasta un máximo de 90% de eficiencia, independientemente que sea posible demostrar, como en el caso nuestro, mejores resultados.

Figura 5: Los gradientes de temperatura, velocidad y de concentraciones dificultan la determinación de la eficiencia de combustión en el caso de antorchas convencionales



CONCLUSION

El desarrollo de esta nueva tecnología no fue una adaptación de un producto existente. Simplemente se originó para la venta de bonos de carbono, y su diseño se fundamentó en poder lograr los objetivos siguientes:

- Obtener altas eficiencias de destrucción de CH_4 (>99,9%)
- Hacer viable y preciso el cálculo de dicha eficiencia

- Mantener la eficiencia dentro de un amplio rango de funcionamiento (150 a 500°C y más, con un amplio *turn-down*)
- Generar bajos niveles de NO_x
- Permitir un control automático de la planta y facilitar su operación
- Mantener la planta encendida mientras se realiza la mantención de algunos equipos.

A pesar de los logros positivos y de los cumplimientos de condiciones con objetivos única y principalmente ambientales, las incesantes revisiones de las reglas que determinan como diseñar estos proyectos han ido complicando cada vez más la realización de ellos, como asimismo descartando alternativas prometedoras o soluciones más simples y cuyos objetivos son intrínsecamente los mismos: lograr reducir los gases a efecto invernadero.

Se espera que las restricciones que han ido apareciendo y que son cada vez más excluyentes a la alternativa chilena se deban principalmente al desconocimiento de esta nueva tecnología, por parte de la UNFCC.

Ante ello, se dará a conocer los resultados positivos logrados en Chile, con la esperanza que se conseguirán cambios al ACM0001 en beneficio del medio ambiente, y de ese modo descartar definitivamente el hecho que podrían haber existido intereses para crear barreras al mercado de antorchas para obtención de bonos de carbono.



Figura 6: Estación de Quema de Biogás (3.000 m³/h) – R.S. Santa Marta – R.M. – Chile



Figura 7: Zona de extracción de Biogás – R.S. Santa Marta – R.M. – Chile