

Applus Norcontrol, S.L.U.

C/ Presidente Adolfo Suárez
González, nº 17, Locales B1 y
B2, 38320, San Cristóbal de La
Laguna – Santa Cruz de
Tenerife T. 922 24 16 34
F. 922 24 59 06

Determinación de la Composición de Biogás y Estimaciones Directas de Emisiones Atmosféricas en la Celda de Vertido del Complejo Ambiental de Los Morenos

Fecha de medida: NOVIEMBRE (14/11/2019)

Código: P-064208-870547-11/19

Cliente

URBASER S.A.

Atn.: D. Dionisio Estévez González

Polígono Industrial San Isidro – Planta de transferencia nº 4

38108 El Rosario, Santa Cruz de Tenerife

Fecha: 16/12/2019

Elaborado por:

Applus Norcontrol S.L.U.



J. Fco Hdez Dorta
Técnico de Ensayo
MAI Canarias

Applus⁺
Applus Norcontrol, S.L.U.

Fecha: 16/12/2019

Aprobado por:

Applus Norcontrol S.L.U.



Narciso Barroso Bermejo
Jefe de Departamento
Delegación de Canarias

Este documento y los anexos en él referenciados tienen paginación independiente con indicación del número total de páginas en cada uno de ellos (tipo Página X de Y).

Los resultados de este informe sólo aplican a las muestras sometidas a ensayo.

Applus+, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Applus+, en la dirección: satisfaccion.cliente@applus.com

Applus Norcontrol, S.L.U.: Domicilio social: Carretera Nacional VI, Km 582, 15168 Sada (A Coruña), Tfno.: 981 014500, Fax: 981 014550, www.applus.com

Este documento no deberá reproducirse ni total ni parcialmente sin la aprobación, por escrito, de Applus Norcontrol y del cliente.

A CORUÑA – ALBACETE– ALICANTE – ASTURIAS – BARCELONA– BILBAO – CÁDIZ – CASTELLÓN – CIUDAD REAL – CORDOBA – GRANADA – HUELVA – JAÉN – LAS PALMAS – LEÓN – LOGROÑO – LUGO – MADRID – MÁLAGA – MÉRIDA – MURCIA – ORENSE – PALMA – PAMPLONA – SAN SEBASTIÁN – SANTANDER – SEVILLA – TENERIFE – TOLEDO – VALENCIA – VALLADOLID – VIGO – VITORIA – ZARAGOZA

Índice

Descripción de los trabajos

1. Objeto	3
2. Alcance	3
3. Datos generales del laboratorio de ensayo	3
4. Datos de identificación	4
5. Descripción general de la instalación	4
6. Normativa aplicable.....	5
6.1. Documentación de referencia	6
7. Información técnica	6
7.1. Fases de generación de gases en vertedero	6
8. Metodología	7
8.1. Plan de muestreo	7
8.2. Metodología de muestreo	8
8.3. Metodología de análisis y rango de medidas	8
9. Resultados	9
9.1. Medidas "in situ" de CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , CO y H ₂ S.	9
9.2. Extrapolación	10
10. Metodología de estimación de la EPA: Sin sistema de control.....	11
11. Estimación de Emisiones Atmosféricas	13

Anexos

ANEXO I Referencia de los procedimientos internos y Relación de equipos utilizados.

ANEXO II Plano de Situación.

1. Objeto

El objeto de este informe es presentar la metodología y los resultados de los ensayos realizados para determinar la **"Composición del biogás y Estimación de las emisiones a la atmósfera de la celda de vertido"** correspondiente al mes de **noviembre 2019** y solicitados por URBASER S.A. para el **Complejo Ambiental de Los Morenos** en la Isla de La Palma.

El trabajo se realiza para cumplir con los requisitos exigidos en el *Capítulo IV. "Vigilancia y Control", 1. Atmósfera, 1.1 "Control de biogás de la Celda de vertido"* de la Resolución nº 39, de 09 de Enero de 2014, por la que actualiza la Autorización Ambiental Integrada de la instalación denominada "Complejo Ambiental Tratamiento de Residuos Los Morenos", localizado en el término municipal de la Villa de Mazo, isla de La Palma (AAI-053-TF/001-2013).

2. Alcance

Los trabajos desarrollados han consistido en la determinación de la composición de biogás generado en la celda 1 de vertido del Complejo Ambiental de Los Morenos.

Se incluye la medición de parámetros "in situ" en las cabezas de los pozos de captación de biogás, determinación de la composición y estimación de las emisiones a la atmósfera y elaboración del presente informe de resultados.

Los parámetros a determinar son los establecidos en el *punto 1.1 "Control de biogás de la Celda de vertido" del Capítulo IV* de la citada AAI.

3. Datos generales del laboratorio de ensayo

Nombre : Applus Norcontrol, S.L.U.

Domicilio: C/ Presidente Adolfo Suárez González nº 17, C. P. 38320 – San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife

Tfno.: 922.241.634 **Fax:** 922.245.906

Domicilio social: Carretera Nacional VI, Km. 582, 15168 Sada (A Coruña)

Tfno.: 981.014.500 **Fax:** 981.014.550

APPLUS es Entidad Colaboradora en Materia de Contaminación Ambiental en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias según establece el Decreto 70/2012, de 26 de julio, por el que se regulan las entidades colaboradoras en materia de contaminación ambiental y se crea el correspondiente registro.

3.1. Medios humanos

El personal que ha llevado a cabo este trabajo es:

Medios Humanos	
Jefe de Departamento MAI Canarias	D. Narciso Barroso Bermejo
Técnicos de ensayo	D. Juan Fco. Hernández Dorta

4. Datos de identificación

4.1. Datos del cliente

Nombre: URBASER S.A.

Domicilio social: Polígono Industrial San Isidro, C/ La Campana, nº 5 El Rosario, Santa Cruz de Tenerife.

N.I.F.: A-79524054

4.2. Datos de la instalación

Nombre: Complejo Ambiental de Tratamiento de Residuos Los Morenos.

Domicilio de la instalación: Polígono de Tiguerorte, término municipal de Mazo, isla de La Palma, Santa Cruz de Tenerife.

Actividad (CNAE 2009): 38.21 Tratamiento y Eliminación de residuos no peligrosos. Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

Persona de contacto: D. Asensio Ayala

Teléfono de contacto: 670 91 99 33 **Mail de contacto:** aayala@urbaser.com

5. Descripción general de la instalación

El Complejo Ambiental de Tratamiento de Residuos de Los Morenos está constituido por distintas plantas destinadas a la clasificación y tratamiento de diferentes tipos de residuos, así como por una celda de vertido al que irán destinados, principalmente, los rechazos de las diferentes plantas.

Se ubica en el término municipal de Mazo, en la vertiente este de la isla. El complejo ocupa una parte del antiguo Polígono de Tiguerorte a una altura entre 230-290 metros sobre el nivel del mar. El acceso al complejo se realiza por una pista existente que discurre por el límite Oeste del monumento de la Montaña de Azufre desde la zona de El Calvario.

Las coordenadas de localización geográfica son las siguientes:

UTM_x= 228.208,15

UTM_y= 3.162.321,36

UTM_z= 290

La instalación comprende varias plantas de tratamiento:

- Nave de clasificación (incluye las plantas de clasificación todo-uno y la planta de clasificación de residuos de envases y otros residuos valorizables).
- Área de almacenamiento de residuos valorizables.
- Planta donde se ubica la nave de material bioestabilizado, nave de maduración y nave de afino del material bioestabilizado.
- Vertedero de residuos no peligrosos (una celda de vertido). El vertedero de residuos no peligrosos trata principalmente los rechazos procedentes de las plantas de clasificación y de material bioestabilizado, así como aquellos residuos no peligrosos sin posibilidades de aprovechamiento.
- Sistema de impermeabilización de la celda de vertido.
- Sistema de Recogida de Lixiviados.
- **Recogida de biogás:** El complejo tiene instalados 15 pozos de captación de biogás en la celda de vertido numerados del 1 al 15. De los 15 pozos instalados, a partir de abril de 2018 se están desgasificando 11. De esta forma hay un total de 4 pozos emitiendo a la atmósfera.
- Aula medioambiental y Edificio de oficinas, comedor, aseos y vestuario.
- Edificio de control de entradas y báscula de pesaje.
- Edificio de oficinas, comedor, aseos, vestuarios y aula medioambiental.
- Viales y pavimentos.
- Cerramiento perimetral.
- Maquinaria móvil.

6. Normativa aplicable

La normativa de aplicación a las actuaciones detalladas en este informe es:

- **Resolución nº 39/2014** del 09 de enero de 2014, de la Viceconsejería de Medio Ambiente de la Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad por la que se actualiza la **Autorización Ambiental Integrada** de la instalación denominada "**Complejo Ambiental de Tratamiento de Residuos de Los Morenos**" localizado en el término municipal de la Villa de Mazo, isla de La Palma. **(AAI-053-TF/001-2013)**.

6.1. Documentación de referencia

- **Guía de apoyo para la notificación de las emisiones** a las actividades de gestión de residuos. (revisión 5). Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Diciembre 2013.
- **Real Decreto 1481/2001**, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. (BOE nº 25 de 29/01/2002).

7. Información técnica

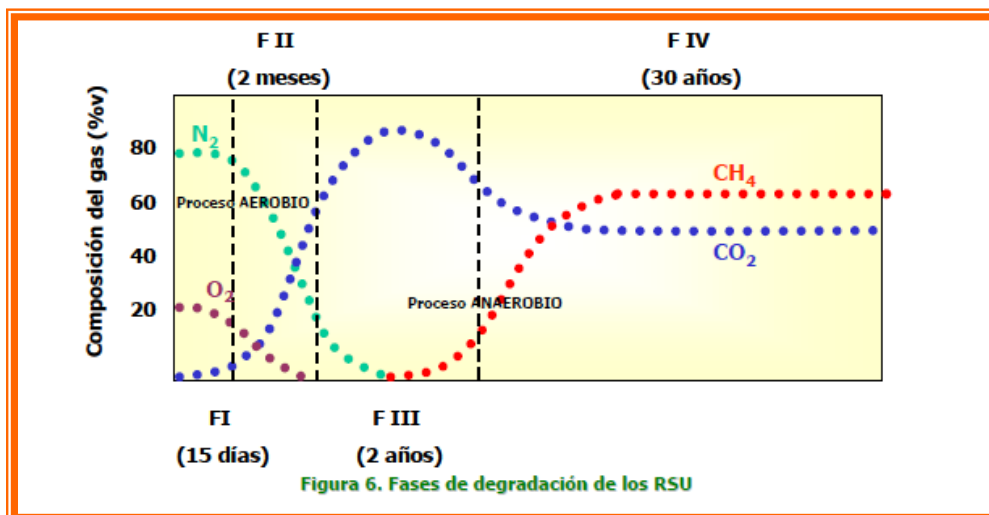
7.1. Fases de generación de gases en vertedero

En todo proceso de degradación se distinguen varias fases:

Fase aerobia. Es la fase inicial del proceso de degradación, en la que el residuo se descompone de forma aeróbica utilizando el oxígeno del aire. Su duración en el tiempo es corta no yendo más allá de los dos meses desde la deposición del residuo. El contaminante emitido principalmente es CO₂.

Fase anaerobia. Transcurrido este tiempo, el oxígeno disponible se agota y comienzan a darse condiciones típicamente anaerobias, en las que en un primer momento se generan fundamentalmente ácidos grasos y dióxido de carbono. Es la llamada fase ácida del proceso anaeróbico. Pasado un periodo de tiempo relativamente corto (aproximadamente 1-2 años) comienza la fase denominada metanogénesis. Durante esta fase se generan metano y dióxido de carbono como gases principales, extendiéndose la misma por un periodo que puede llegar incluso a ser mayor de 30 años.

La siguiente figura muestra las diferentes fases por las que pasa el residuo desde que es depositado hasta que se completa el proceso de degradación biológica. Para cada fase se indica la evolución de los principales gases presentes.



- **Fase I: Ajuste Inicial.** Todos los componentes orgánicos biodegradables sufren descomposición microbiana, antes, durante y poco después de su deposición en un vertedero. Durante esta fase se produce también la descomposición biológica bajo

condiciones aerobias, debida a la cantidad de aire atrapado dentro del vertedero. En vertederos de RNP's la fracción orgánica es debida a los residuos sólidos urbanos (RSU) que se hubiera podido depositar.

- **Fase II: Fase de Transición.** Se produce un descenso del oxígeno y comienzan a desarrollarse condiciones anaerobias. Mientras el vertedero se convierte en anaerobio, el nitrato y el sulfato pueden servir como receptores de electrones.
- **Fase III: Fase Ácida.** Se acelera la actividad microbiana iniciada en la Fase II con la producción de cantidades significativas de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas hidrógeno.
- **Fase IV: Fase de Fermentación del Metano.** Un segundo grupo de microorganismo, que convierten el ácido acético y el gas de hidrógeno producidos por los formadores de ácidos en la fase ácida, en metano y dióxido de carbono, llegan a ser más predominantes.
- **Fase V: Fase de Maduración.** Durante esta fase la velocidad de generación del gas del vertedero disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes disponibles se han separado con el lixiviado durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el vertedero son de una degradación lenta.

La duración de cada fase depende de varios factores, pero los más limitantes son el grado de compactación, la presencia de nutrientes y el porcentaje de humedad. La composición del biogás será indicativa de la fase predominante en la que se encuentra vertedero, permitiendo una mejor valoración de la dinámica de los gases acumulados en el interior de los vasos.

8. Metodología

8.1. Plan de muestreo

Se establece el siguiente plan de muestreo para la ejecución de los trabajos:

Celda de vertido 1 CAM	
Fecha de muestreo	14/11/2019
Pozos medidos	1/5
Clasificación según RD 100/2011	Grupo B 09 04 01 02
Matriz de Muestreo	Biogás
Equipo empleado	Medidor de biogás en continuo
Parámetros "in situ"	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , CO y SH ₂ .
Medio receptor de la contaminación	Atmósfera

8.2. Metodología de muestreo

Antes de iniciar la toma de muestras se realizó una visita al vertedero, localizando todos los puntos de desgasificación, así como el estado de cada uno de ellos. Después de numerarlos y nombrarlos, se estableció el orden de medida de los mismos. Para la toma de muestras de biogás y condiciones meteorológicas se utilizaron diversos equipos de medición "in situ":

- Equipo de medición en continuo **MRU BIOGÁS OPTIMA 7** para puntos de muestreo de biogás.

Se trata de un equipo de medición de biogás en continuo que permite analizar la composición básica del biogás "in situ", sin necesidad de llevar muestras al laboratorio. Este método garantiza el perfecto estado de la muestra a la hora de su análisis, ya que se analiza de forma inmediata directamente desde el punto de muestreo y desaparece el riesgo de deterioro de la muestra en su transporte al laboratorio.

En la utilización del MRU BIOGÁS se procedió de la siguiente forma:

En primer lugar se seleccionan los pozos de captación de biogás que se van a caracterizar. Seguidamente se sellan con plástico film para favorecer la acumulación del biogás en el conducto evitando la entrada de aire ambiente y garantizando una toma de muestra representativa.

A continuación se inserta la sonda tomamuestra en el conducto y se programa el equipo para que comience la aspiración de biogás. El equipo analiza esta muestra "in situ" en continuo y en base seca al haberse secado el gas en el sistema de acondicionamiento. Una vez que la medida que muestra en pantalla el analizador es estable se procede a grabar los datos en la memoria interna del equipo.

En cada conducto se toman entre 7 y 8 medidas registrando una mínima variación de la composición del biogás entre ellas. Entre pozo y pozo se deja que el equipo aspire aire ambiente para limpiar el circuito interno del analizador y no arrastrar residuos del gas muestreado de un punto de medición a otro.

8.3. Metodología de análisis y rango de medidas

Los métodos de análisis así como el rango de medida para cada parámetro del equipo MRU BIOGÁS se muestran en la siguiente tabla:

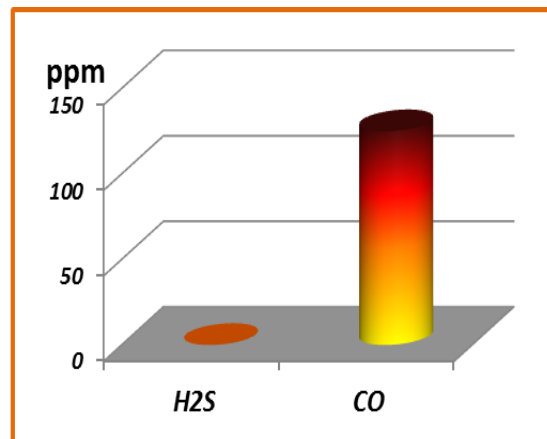
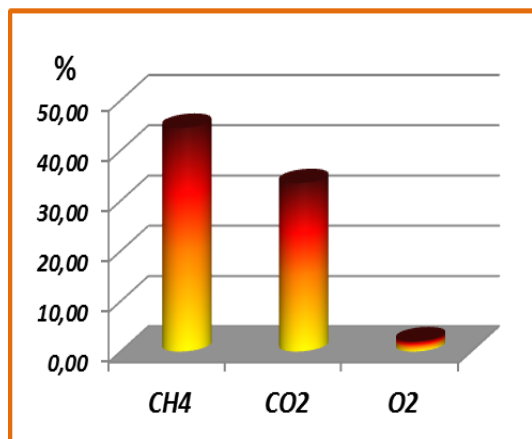
Parámetro	Método de análisis	Rango	Resolución
CH₄	Espectrometría de Infrarrojos no dispersiva	0-100% Vol.	± 0,3 %
CO₂	Espectrometría de Infrarrojos no dispersiva	0-60% Vol.	± 0,3 %
O₂	Electrodo químico	0-21% Vol.	± 0,2 % Vol.
CO	Electrodo químico	0-4000 ppm	± 10 ppm
SH₂	Electrodo químico	0-2000 ppm	± 5 %

9. Resultados

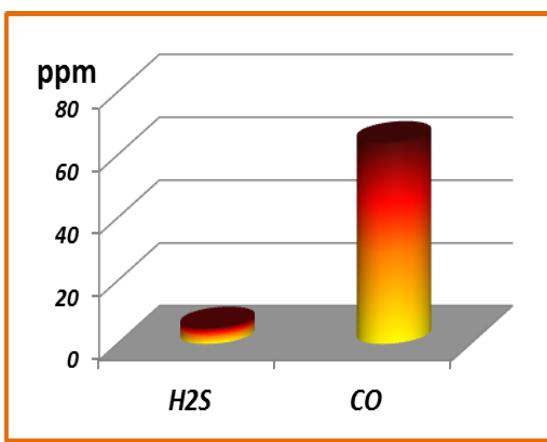
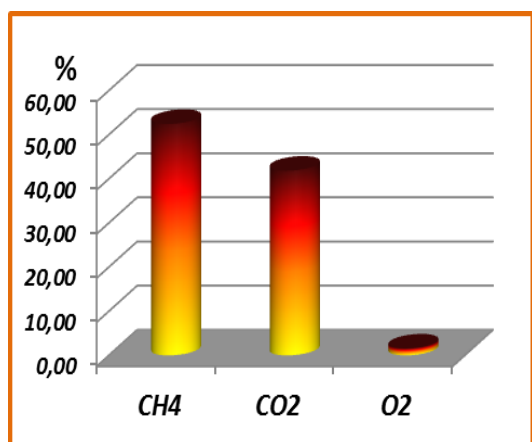
9.1. Medidas "in situ" de CH₄, CO₂, O₂, CO y SH₂.

En las siguientes tablas se presentan los parámetros determinados y sus valores analíticos para cada uno de los puntos de toma de muestras así como su representación gráfica.

Pozo 1						
Fecha	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	SH ₂ (ppm)	CO (ppm)	Temperatura biogás (°C)
14/11/2019	44,54	33,53	2,05	0	125	32,70



Pozo 5						
Fecha	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	SH ₂ (ppm)	CO (ppm)	Temperatura biogás (°C)
14/11/2019	52,44	41,87	1,58	5	64	46,63

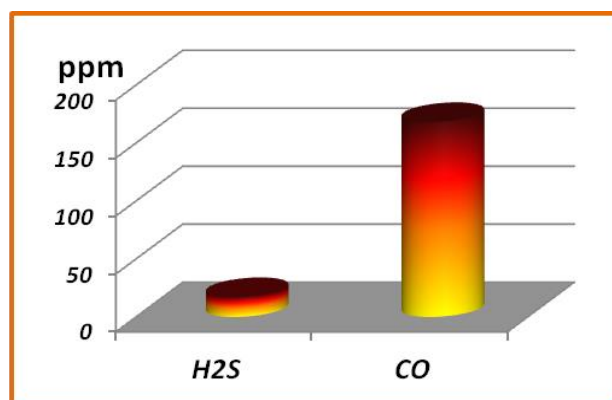
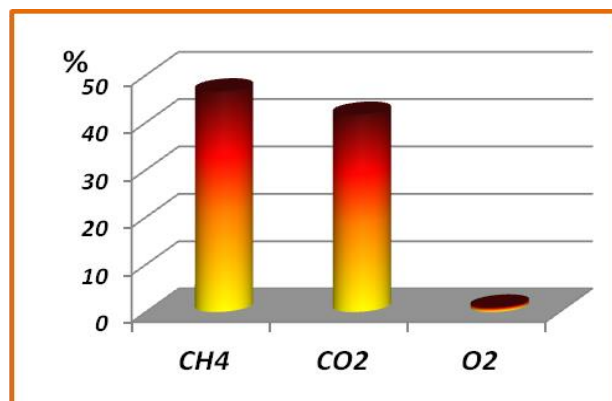


9.2. Extrapolación

En este estudio de estimaciones directas de emisiones atmosféricas en vertedero, se han agrupado **15 pozos** de captación de biogás que están emitiendo a la atmósfera en subgrupos en función de su profundidad, y se realiza la media aritmética de cada agrupación.

Con el fin de extrapolar a toda la extensión de la celda los datos medidos "*in situ*" en los 2 pozos seleccionados mensualmente, se realiza la media ponderada de todas las medias obtenidas por profundidades. De esta forma se obtienen los siguientes datos de composición de biogás que son representativos de todos los pozos de la celda de vertido.

CELDA 1 CAM					
Noviembre 2019					
CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	SH ₂ ppm	CO ppm	T ^a Biogás
46,98	41,16	1,06	23	180	35,86



10. Metodología de estimación de la EPA: Sin sistema de control

La metodología empleada ha sido publicada por la EPA "Emisión factor documentation for AP-42 section 2.4. Municipal Solid Waste Landfills" y se basa en una estimación directa de las emisiones de metano a partir de un modelo (Land-Geem: Landfill Gas Emission Model) mediante una ecuación cinética de primer orden:

$$Q_{CH_4} = 1,3 L_0 R (e^{-Kc} - e^{-Kt})$$

- Q_{CH_4}** :Metano generado en el año t , $m^3/año$
- L_0** :Potencial de generación de metano por tonelada de residuo depositado en vertedero, $m^3 CH_4/t$ residuo
- R** :Media anual de entrada de basura en el vertedero, $t/año$
- K** :Constante de generación de metano, $año^{-1}$
- c** :Años desde que se clausuró el vertedero ($c=0$ para los activos), año
- t** :Años desde el inicio de la actividad, año

La constante 1,3 se incluye para compensar el factor L_0 , el cual se determina según la cantidad de gas recogido por el sistema de evacuación de los gases del vertedero. El diseño de estos sistemas proporciona una eficacia de recolección del 75%, por lo que el 25% de los gases generados en el vertedero no son capturados y no se incluyen en la constante L_0 . El ratio del gas producido y gas recogido es 100/75, o lo que es lo mismo 1,3.

- La capacidad potencial de generación de metano L_0 depende únicamente del tipo de residuos presentes en el vertedero. Cuanto mayor sea el contenido en celulosa, mayor será el valor de L_0 . El valor por defecto propuesto por la EPA : **$L_0 = 100 m^3/t$**
- El coeficiente k determina la rapidez de generación de biogás y de agotamiento del vertedero. Es función de la humedad del residuo, tipo de residuo, disponibilidad de nutrientes para el proceso anaeróbico, pH y temperatura. Los valores por defecto propuestos por la EPA:

$$K = 0,04 \quad \text{Pluviometría mayor a } 635 \text{ l/m}^2$$

$$K = 0,02 \quad \text{Pluviometría menor a } 635 \text{ l/m}^2$$

- La ecuación cinética de primer orden fue inicialmente concebida para la estimación de la generación de metano y no para la estimación de emisiones pues parte del metano en su migración al exterior es captado y degradado en las capas de terreno más superficiales. No obstante dada la dificultad en evaluar este punto y adoptando un criterio conservativo, **se considera que todo el metano generado es emitido a la atmósfera a través de fisuras o vías de evacuación practicadas en el terreno.**

- La composición de biogás es variable con el tiempo, si bien a partir del primer o segundo año la composición es prácticamente constante durante un largo periodo de tiempo (10-30 años) con una **composición típica de metano del 55% (v) y del 40% (v) de dióxido de carbono que son los componentes principales del biogás**. Por tanto se puede estimar el metano, dióxido de carbono y biogás emitido a la atmósfera, asumiendo la composición típica antes indicada. **Ya que se están realizando medidas de composición del biogás "in situ", se utilizará la composición de biogás determinada durante el muestreo.**

La emisión de CO₂ vendrá dada por la siguiente ecuación: $Q_{CO_2} = Q_{CH_4} (\%CO_2/\%CH_4)$

%CH₄ y %CO₂ determinado en las medidas "in situ".

Para conocer los Kg/año del contaminante i emitido se emplearía las siguientes fórmulas:

$$Q_i = (1 + (C_{CO_2\%}/C_{CH_4\%})) Q_{CH_4} (C_{i\%}/100)$$

$$UM_i = Q_i [PM_i \text{ 1atm} / 8,205 \cdot 10^{-5} \cdot 1000 (273+T)]$$

UM_i : Emisión anual de contaminante i, kg/año

Q_i : Emisión anual de contaminante i, m³/año

Q_{CH₄} : Emisión anual de metano, m³/año

PM_i : Peso molecular contaminante i, g/gmol

C_{i%} : Concentración del contaminante i, %

T : Temperatura del biogás, °C (en ausencia de datos de campo se asume 25 °C)

8,205 10⁻⁵ : Constante gases, m³ atm/gmol K

- En la siguiente tabla se recogen los datos previos correspondientes a la celda de vertido sometida a estudio:

Año de inicio de actividad, t₀ (año)	2012
Año de realización de la inspección, t (año)	2019
Media anual de RSU Biodegradables depositados en la celda desde el comienzo de actividad, R (t/año)	930,71
Pluviometría anual (Enero- Noviembre 2019) (mm = l/m²)	227,2

Para calcular la media de RSU biodegradables se han tenido en cuenta los siguientes códigos LER con sus correspondientes porcentajes: 190599-Bioestabilizado (30%), 191212-Fin de cinta (10%), 191212-Voluminoso (5%), 191212-Planta voluminoso (5%), 020199-Animales muertos (90%), 020202-Matadero (90%), 020203-Caducados carne (90%) y 200306-Alcantarillas (100%). Así se consideran 152,44 Tn en 2012, 161,26 Tn en 2013, 129,02 tn en 2014, 304,48 Tn en 2015, 243,16 Tn en 2016, 186,52 Tn en 2017, 1311,37 Tn en 2018 y 399,719 Tn en enero, 365,231 Tn en febrero, 379,904 Tn en marzo, 394,296 Tn en abril, 370,239 Tn en mayo, 353,452 Tn en junio, 413,162 Tn en julio, 394,819 Tn en agosto, 413,407 Tn en septiembre, 426,736 Tn en octubre y 425,871 Tn en noviembre de 2019.

11. Estimación de Emisiones Atmosféricas

Los resultados estimados por la "Metodología de Estimación de la EPA (sin sistema de control)", basados en la estimación directa de las emisiones de metano a partir del "Modelo de Emisiones de Gases de Land-Geem", teniendo en cuenta la **composición de biogás medida "in situ" de metano y dióxido de carbono**, vienen reflejados en la siguiente tabla:

ESTIMACIÓN EN FUNCIÓN DE LA COMPOSICIÓN MEDIDA DE BIOGÁS:			
Presión Atmosférica (mmHg)		743,31	
Temperatura (°C)		35,86	
CH₄ (% vol.)		46,98	
CO₂ (% vol.)		41,16	
O₂ (% vol.)		1,06	
SH₂ (ppm)		23	
CO (ppm)		180	
Parámetros		Valores medios	
Densidad (Kg/m³) a T_H	CH₄	0,6311	
	CO₂	1,7354	
	SH₂	1,3410	
	CO	1,1044	
	O₂	1,2621	
Emisiones no controladas	CH₄	m³/año	16.517
		Kg/año	10.423
		Kg/mes	869
	CO₂	m³/año	14.471
		Kg/año	25.113
		Kg/mes	2.093
	SH₂	Kg/año	0,96
		Kg/mes	0,080
	CO	Kg/año	6,2
		Kg/mes	0,513
	O₂	Kg/año	415
		Kg/mes	35

ANEXO I

REFERENCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS INTERNOS

REFERENCIA	TÍTULO
C6-001001	Planes de muestreo, toma de muestras y determinaciones de parámetros medioambientales en emisiones a la atmósfera.

RELACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS

COD.	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	SERIE
36820	MRU BIOGÁS	MRU	OPTIMA 7 BIO	313422

**ANEXO II
PLANO DE SITUACIÓN**

● POZOS MEDIDOS

