



# “APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS GENERADO EN EL RELLENO SANITARIO “NUEVO JARDIN - MUNICIPIO DE LA PAZ”

AUTORES

Rodriguez J.<sup>1</sup>  
Rivera G.<sup>2</sup>

## SUMMARY

The project proposes the use of biogas Landfill emerging “Nuevo Jardín”, estimating the recoverable amount of the same to obtain economic and environmental benefits, implementing the biogas Mexico Model v2.0 which was fed, calibrated and validated as field data verifying their reliability. In terms of methodology were conducted surveys, workplace visits and data collection related to production statistics and characterization of solid waste in the city. Also performed on-site analysis of samples whose data were used to raise the analysis of 6 scenarios taking as variables the selling price of CERs and the life of the project. Finally performed an economic analysis of costs, benefits and economic indicators, leading to the following results:

Amount of CERs (carbon compensation) obtained in the scenario analysis indicate a total amount of 1,200,333.59 CER's for the period 2013-2025 and CER's 1,426,650.35 for the period 2013-2030. The net cash flow from the sale of carbon compensation on the international process totaled \$ 1,343,412.11 for scenario 2 and \$ 1,835,937.23 for scenario 3. The maximum volume of biogas CH<sup>4</sup> content will be expelled to the environment reaches 135,871.48 tons, suggesting that the implementation of the project is a boon to efforts to mitigate climate change effects.

## RESUMEN

El proyecto propone el aprovechamiento del biogás emergente del Relleno Sanitario “NUEVO JARDÍN”, estimando el volumen recuperable del mismo para la obtención de beneficios económicos y ambientales, mediante la aplicación del modelo Mexicano de Biogás v2.0 el cual fue alimentado, calibrado y validado según datos de campo comprobando su fiabilidad. En cuanto a la metodología se realizaron relevamientos, visitas al lugar de trabajo y obtención de datos relacionados con las estadísticas de producción y caracterización de residuos sólidos en la ciudad. También se realizó el análisis de muestras in situ cuyos datos sirvieron para plantear el análisis de 6 escenarios posibles tomando como variables el precio de compensación de CER's y la vida útil del proyecto. Finalmente se realizó un análisis económico de costos, beneficios e indicadores económicos, llegando a los siguientes resultados:

La Cantidad de CER's (bonos de carbono compensados) obtenidos en el análisis de escenarios indican una cantidad total de 1.200.333,59 CER's para el período 2013-2025 y 1.426.650,35 CER's para el período 2013-2030. El flujo de caja neto por la compensación de Bonos de Carbono en el proceso internacional asciende a 1.343.412,11 dólares para el escenario 2 y 1.835.937,23 dólares para el escenario 3. El volumen máximo de biogás con contenido de CH<sup>4</sup> que dejará de expulsarse al medio ambiente alcanza las 135.871,48 Tn, lo que sugiere que la implementación del proyecto supone una gran ayuda a los esfuerzos por mitigar los efectos del cambio climático.

**Palabras Clave:** Biogas. Metano. Carbono.

1 Ing. Civil.

2 Ing. Civil, MSc. Docente – Investigador IIS - UMSA

## 1. Introducción

Como parte de los esfuerzos por disminuir los efectos producidos por el cambio climático, los gobiernos de varios países han acordado la implementación de proyectos alternativos, entre ellos el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), cuyo objetivo es la reducción en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), alentando a países desarrollados a financiar dichos proyectos en países en vías de desarrollo.

Está claro, sin embargo, que el Estado Plurinacional de Bolivia no reconoce los mercados internacionales de carbono, pero si la alternativa de sistemas de compensación por esfuerzos de reducción de emisiones de GEI.

Un proyecto de control y captura de biogás en el relleno sanitario Nuevo Jardín supondría una mejora considerable en el aspecto social y ambiental para la población de la ciudad de La Paz pues reduce al mínimo las posibilidades de desarrollo de vectores de enfermedades, reduce la contaminación ambiental por la emisión de gases de efecto invernadero y genera recursos adicionales por la combustión del biogás y la posibilidad de compensaciones de bonos de carbono en el marco internacional.

## 2. Objetivos

### Objetivo general

Proponer el aprovechamiento del biogás emergente del Relleno Sanitario "NUEVO JARDIN" del municipio de La Paz, estimando el volumen recuperable de biogás, para la obtención de beneficios económicos compensatorios y ambientales.

### Objetivos específicos

- Estimar la producción teórica de biogás en el relleno sanitario aplicando el modelo Mexicano de Biogás v2.0.
- Determinar el potencial energético por la combustión del biogás recuperado.

- Determinar la cantidad de CER's (Reducción de Emisiones Certificadas) para su comercialización internacional bajo la modalidad de compensaciones de bonos de carbono.
- Analizar posibles escenarios referidos al tiempo de duración del proyecto, eficiencia de recuperación y precio de compensación de CER's (Reducción de Emisiones Certificadas).
- Estimar los costos asociados al proyecto propuesto y la relación B/C.

## 3. Metodología

### Fase I. Análisis de situación actual

Se realizaron visitas periódicas al relleno sanitario, entrevistas a los encargados del relleno para conocer las condiciones de operación y el proceso de disposición de residuos, especificando las entradas de los camiones recolectores, cantidades de residuos dispuestos, métodos de confinamiento, coberturas finales, drenaje de lixiviados y demás aspectos inherentes al funcionamiento del área de trabajo. Durante el reconocimiento del relleno sanitario se realizó la inspección de los captadores de extracción de biogás, el funcionamiento y eficiencia de los mismos además de un relevamiento de las unidades activas y pasivas. Las inspecciones sirvieron para conocer el estado actual del relleno y sacar conclusiones a cerca de la factibilidad del proyecto.

### Fase II. Obtención de datos

En esta fase se realizó un inventario y recolección de todos los datos del ámbito de estudio necesarios para el desarrollo de la totalidad del proyecto. Se recopiló y examinó en detalle la información existente que directa o indirectamente esté relacionada con la recolección, disposición y manejo de residuos sólidos en el relleno sanitario así como datos acerca del monitoreo de captadores, los cuales sirvieron para alimentar el modelo matemático. La información obtenida derivó en la discriminación y obtención de los factores más importantes a ser

tomados en cuenta en la elaboración del proyecto, entre ellos: la proyección de generación de residuos sólidos, caracterización de residuos y monitoreo de captadores de biogás, con esta información se realizaron los cálculos necesarios para determinar las variables que requiere el proyecto como ser: volumen teórico de biogás y cantidad de Reducción de Emisiones Certificadas CER's en cuyos cálculos se aplicó el modelo matemático.

### Fase III Calibración y validación del modelo

La metodología empleada para la calibración y validación del modelo se basó en la generación de pares de datos plasmados en una gráfica "Caudal de biogás Vs año de generación", estos puntos fueron obtenidos mediante los informes del SIREMU para la calibración entre los años 2008-2010 y análisis y medición en sitio de los captadores seleccionados en las macro celdas de trabajo del relleno sanitario para la validación, se estima que los pares de datos obtenidos mantengan un comportamiento ascendente exponencialmente inverso tratando en lo posible coincidir con la curva generada por el modelo matemático. Los parámetros medidos en sitio fueron: Temperatura ambiente, velocidad del viento, caudal de biogás y composición del biogás, las lecturas y resultados se registraron para su posterior proceso en gabinete.

### Fase IV. Análisis de Escenarios y Alternativas

Para poder determinar los beneficios ambientales y económicos que promueve el proyecto se tomó en cuenta dos aspectos:

- El precio de venta de CER's para la compensación de los bonos de carbono en América Latina que se encuentra entre 4, 5 y 6 dólares americanos por tonelada de CO<sup>2</sup> equivalente en la mayoría de los proyectos MDL vigentes, incluso se tienen registros de precios que superan 15 euros por tonelada de CO<sup>2</sup> equivalente en el mercado europeo.

- La vida útil del relleno sanitario Nuevo Jardín fue diseñada para 15 años (2004 a 2019) y se asume el año de inicio para la recuperación de biogás el año 2013 (recuperación para compensación 2014), a partir del cual se tienen muchos años en los cuales la generación de biogás existirá con reducciones paulatinas año tras año.

- Debido a que la generación de biogás no tiene un tiempo límite se debe considerar por cuánto tiempo es rentable explotar este biogás mediante su comercialización tomando en cuenta todos los gastos que conlleva la implementación del proyecto, por esa razón se asumen 2 periodos tentativos (de 12 y 17 años) de los cuales luego de realizar el análisis financiero se sabrá si son rentables o no. Todo esto solamente con la finalidad de conocer el nivel de compensación económica que se puede demandar por este proyecto.

En función de las variables vida útil del proyecto y precio de compensación de CER's. mencionados en los párrafos anteriores se analizaron los siguientes escenarios:

Escenario	Volumen capturado período	Precio compensación (\$us)
1	2013-2025	4.0
2	2013-2030	4.0
3	2013-2025	5.0
4	2013-2030	5.0
5	2013-2025	6.0
6	2013-2030	6.0

### 4. Modelo de biogás v 2.0

El Modelo fue desarrollado con el objetivo de proveer proyecciones de generación y recuperación de biogás más exactas y conservadoras. Otros modelos evaluados durante el proceso de desarrollo incluye: El Modelo Mexicano de Biogás Versión 1.0 y el Modelo de Residuos 2006 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). El Modelo incorpora datos de caracterización de residuos usados, los expande para incluir datos adicionales de ciudades y rellenos sanitarios. El Modelo también incorpora la estructura del Modelo IPCC con algunas revisiones para que refleje de mejor forma las

condiciones del clima y condiciones de los sitios de los rellenos sanitarios.

El modelo provee estimaciones de la recuperación de biogás multiplicando la generación de biogás por los estimados de la eficiencia con la que el sistema de captura recuperara el biogás, esto es conocido como eficiencia de captura.

El Modelo usa la siguiente información para estimar la generación y recuperación del biogás en un relleno sanitario:

- La cantidad de residuos depositados en el relleno sanitario anualmente.
- El año de apertura y clausura del sitio.
- El índice de generación de metano ( $k$ ).
- La generación potencial de metano ( $L^0$ ).
- El factor de corrección de metano (MCF).
- El factor de ajuste por incendios ( $F$ ).
- La eficiencia de recuperación del sistema de captura.

El modelo estima el índice de generación de biogás para cada año usando la ecuación de degradación de primer orden, la cual fue modificada por US EPA en el Modelo LandGEM versión 3.02 en el 2005.

$$Q_{LFG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 2kL_0 \left[ \frac{M_i}{10} \right] e^{-kt_{ij}} (MCF)(F)$$

Dónde:

- $Q_{LFG}$  = Flujo de biogás máximo esperado ( $m^3$ /año)
- $i$  = Incremento en tiempo de 1 año
- $n$  = (año del cálculo) – (año inicial de disposición de residuos)
- $j$  = Incremento de tiempo en 0.1 años
- $k$  = Índice de generación de metano (1/año)
- $L^0$  = Generación potencial de metano ( $m^3$ /Mg)
- $M_i$  = Masa de residuos dispuestos en el año  $i$  (Mg)
- $t_{ij}$  = Edad de la sección  $j$  de la masa de residuos  $M_i$  dispuestas en el año  $i$  (años decimales)

MCF = Factor de corrección de metano

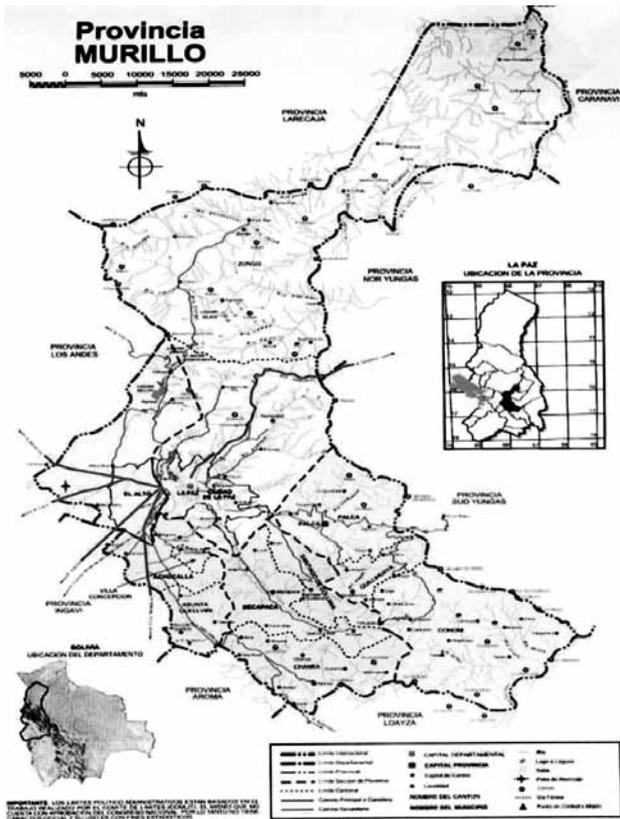
$F$  = Factor de ajuste por incendios

La ecuación anterior estima la generación de biogás usando cantidades de residuos dispuestos acumulados a través de un año. Proyecciones para años múltiples son desarrolladas variando la proyección del anual y luego iterando la ecuación. La generación de biogás total es igual a dos veces la generación de metano calculada (La composición del biogás asumida por el Modelo es de 50 por ciento Metano ( $CH_4$ ) y 50 por ciento otros gases, que incluyen dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y trazas de otros compuestos). La función de degradación exponencial asume que la generación de biogás está a su máximo un período antes que la generación de metano. El modelo asume un período de seis meses entre la colocación de los residuos y la generación de biogás. Por cada unidad de residuos, después de seis meses el Modelo asume que la generación de biogás desciende exponencialmente conforme la fracción orgánica de los residuos es consumida. El año de generación máxima normalmente ocurre en el año de clausura o el año siguiente (dependiendo del índice de disposición en los años finales).

El Modelo estima la generación y recuperación de biogás en metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ ) y en pies cúbicos por minuto ( $pies^3/min$ ). También estima el contenido de energía del biogás recuperado en millones de unidades térmicas británicas por hora ( $mmBtu/h$ ), la eficiencia de captura, la capacidad máxima de la planta de energía en megavatios (MW), y las toneladas de reducción de emisiones de  $CO_2$  equivalente (CERs).

## 5. Área del proyecto

El proyecto se desarrolla en el Relleno sanitario "Nuevo Jardín" emplazado en la zona de Alpacoma municipio de La Paz (ver figura), es destinatario de los residuos sólidos producidos por la población de la ciudad desde el año 2004 y actualmente opera con contrato de manejo a terceros y bajo la supervisión del SIREMU.



Llojeta se encuentra a 2,8 Km., la población de Ciudad Satélite de El Alto está a 3,2 Km., y la distancia a la mancha urbana central de la ciudad de La Paz es de 5,0 Km. (SIREMU, 2009).

### Control de gases

Hasta el segundo semestre de 2011 en el Relleno se habilitaron dos áreas donde se disponen los residuos: una denominada macro celda de emergencia y el conjunto compuesta por las macro celdas 1 a 4. Ambos macro depósitos cuentan con sistema de venteo pasivo de biogás, drenaje de lixiviados, canales de drenaje de aguas superficiales y los sistemas necesarios para el control de las principales emisiones. El detalle de los captadores de biogás dispuestos se detalla en la siguiente tabla.

Macro celda	Captadores
De Emergencia (a)	14
De Emergencia (b)	7
1 a 4	23

Las mediciones se desarrollaron con equipos especializados que ha permitido determinar ve-

locidad, caudal y composición del biogás. (ver fotografías)



Medición de velocidad y caudal de biogás



Medición de la composición del biogás

## 6. Resultados

Una serie de resultados fueron generados a partir de los datos históricos, cómo el caso de la proyección de toneladas que muestra la tabla 6.1, el mismo se divide en tres períodos; el primero comprende los años 2004-2009 cuyos datos son reales y se han obtenido de los controles diarios en el sitio de disposición, el segundo comprende el período 2010-2019 cuyas cantidades han sido proyectadas utilizando una ecuación de la curva ajustada de las producciones históricas, finalmente se tiene el período comprendido entre los años 2020-2035 donde se prevé que no ingresarán más residuos al relleno debido a su clausura tiempo en el que sin embargo la degradación de materia orgánica continúa y por tano la generación de biogás también.

**TABLA 6.1 Proyección de Residuos**

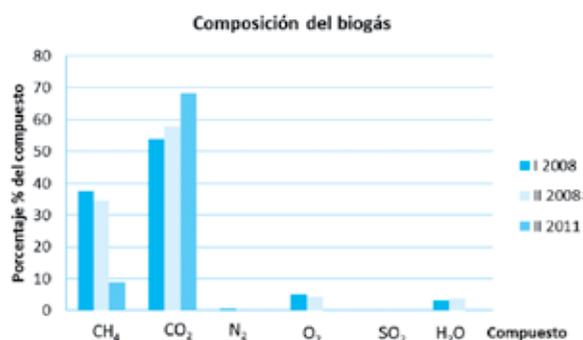
Año	Disposición de Residuos (Tn)	Disposición de residuos acumulada (Tn)	Observaciones
2004	162.833	162.833	Peso controlado por medición
2005	157.760	320.593	Peso controlado por medición
2006	161.510	482.103	Peso controlado por medición
2007	168.178	650.281	Peso controlado por medición
2008	164.849	815.130	Peso controlado por medición
2009	170.434	985.564	Peso controlado por medición
2010	172.404	1.157.968	Peso proyectado
2011	174.374	1.332.342	Peso proyectado
2012	176.345	1.508.687	Peso proyectado
2013	178.315	1.687.002	Peso proyectado
2014	180.286	1.867.288	Peso proyectado
2015	182.256	2.049.544	Peso proyectado
2016	184.226	2.233.770	Peso proyectado
2017	186.197	2.419.967	Peso proyectado
2018	188.167	2.608.134	Peso proyectado
2019	190.138	2.798.272	Peso proyectado
2020 -2035	0	2.798.272	Relleno Clausurado

De la misma manera las mediciones han permitido determinar el flujo de biogás como se muestra en la tabla 6.2. a continuación.

**Tabla.6.2 Flujo de biogás total por semestre.**

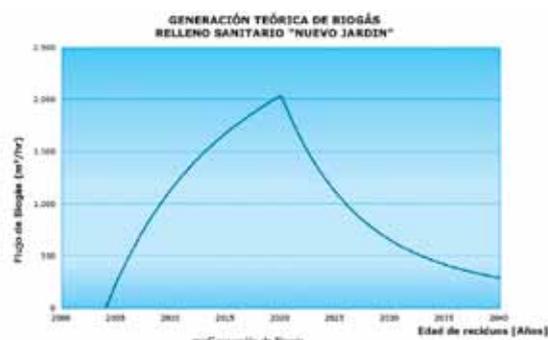
	II/2006	I/2007	II/2007	I/2008	II/2008	abr-09	mar-09	feb-09	ene-09
N° de captadores analizados	9	5	10	7	18	7	8	7	7
N° de captadores existentes	21	21	23	25	27	30	30	30	30
Flujo Total m3/hr	214,90	141,32	380,00	151,70	856,79	503,30	220,93	115,81	151,53
Flujo Proyectado m3/hr	501,43	593,54	874,00	541,78	1285,19	2157,00	828,49	496,33	649,41

También se pudo obtener la composición de biogás según las mediciones realizadas (ver figura 6.1.).



**Figura 6.1. Composición del biogás del relleno sanitario analizado.**

Para todos los escenarios considerados se estableció la generación de Biogás con el modelo, durante el período 2013-2025; así como la curva teórica y la curva de gas recuperado evidentemente, como muestran las figuras 6.2. y 6.3 a continuación:



**Figura 6.2 y 6.3 Generación de Biogás teórica y recuperable 2013-2025.**

## Resumen de Ingresos esperados.

Habiéndose determinado las cantidades totales de Reducción de Emisiones Certificadas Cer's para cada uno de los escenarios sometidos a

análisis se obtiene la tabla 6.3 la cual muestra el resumen de los montos de compensación que se pueden obtener para cada escenario analizado.

Tabla.6.3 Resumen de los ingresos esperados por compensación de bonos de carbón.

Ingresos por venta de CERs						
AÑO	Escenarios 1	Escenarios 2	Escenarios 3	Escenarios 4	Escenarios 5	Escenarios 6
	4Sus/CER	4Sus/CER	4Sus/CER	4Sus/CER	4Sus/CER	4Sus/CER
2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	33.032,58	335.032,58	418.790,72	418.790,72	502.548,87	502.548,87
2014	356.691,74	356.691,74	445.864,68	445.864,68	535.037,61	535.037,61
2015	376.597,64	376.597,64	470.747,05	470.747,05	564.896,47	564.896,47
2016	394.988,84	394.988,84	493.736,05	493.736,05	592.483,26	592.483,26
2017	412.069,81	412.069,81	515.087,27	515.087,27	618.104,72	618.104,72
2018	428.015,94	428.015,94	535.019,93	535.019,93	642.023,91	642.023,91
2019	442.977,72	442.977,72	553.722,15	553.722,15	664.466,58	664.466,58
2020	457.084,37	457.084,37	571.355,46	571.355,46	685.626,56	685.626,56
2021	402.215,70	402.215,70	502.769,62	502.769,62	603.323,55	603.323,55
2022	354.887,33	354.887,33	443.609,16	443.609,16	532.330,99	532.330,99
2023	314.016,08	314.016,08	392.520,09	392.520,09	471.024,11	471.024,11
2024	278.676,91	278.676,91	348.346,14	348.346,14	418.015,36	418.015,36
2025	248.079,70	248.079,70	310.099,63	310.099,63	372.119,55	372.119,55
2026	0,00	221.549,40	0,00	276.936,75	0,00	332.324,10
2027	0,00	198.509,14	0,00	248.136,43	0,00	297.763,71
2028	0,00	178.465,84	0,00	223.082,30	0,00	267.698,77
2029	0,00	160.997,91	0,00	201.247,39	0,00	241.496,87
2030	0,00	145.744,77	0,00	182.180,96	0,00	218.617,15
\$us	4.801.334,36	5.706.601,42	6.001.667,95	7.133.251,78	7.202.001,54	8.559.902,14

## Costos Asociados al proyecto.

Se realizó un análisis de costos para la implementación del proyecto tomando en cuenta las características de cada escenario, para ello se dividió este análisis en costos de inversión o capital y costos de operación y mantenimiento. Se estimó el costo presupuestal para la

construcción inicial del sistema de colección y combustión, estos costos están asociados con un sistema de colección del biogás con pozos de extracción, cañería principal y de aducción, manejo del condensado y la instalación de la planta de combustión. La tabla 6.4 muestra un resumen de costos del proyecto para cada escenario y por año (monto en dólares).

Tabla 6.4. Costos del proyecto por escenarios

		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
año	Costo Inicial [\$us]	Costo total [\$us]					
2013	547.739,81	547.739,81	547.739,81	547.739,81	547.739,81	547.739,81	547.739,81
2014	0	74.561,62	77.794,72	78.848,53	82.889,90	83.135,43	87.985,08
2015	0	78.271,89	81.504,98	82.558,79	86.600,16	85.845,70	91.695,34
2016	0	82.278,97	85.512,07	85.565,88	90.607,25	90.852,78	95.702,43
2017	0	86.606,62	89.839,72	90.893,53	94.934,90	95.180,43	100.030,08
2018	0	91.280,48	94.513,58	95.567,39	99.608,76	99.854,29	104.703,94
2019	0	96.328,25	99.561,35	100.615,16	104.656,53	104.902,07	109.751,71
2020	0	101.779,85	105.012,94	106.066,75	110.108,12	110.353,66	115.203,30
2021	0	107.667,57	110.900,67	111.954,47	115.995,85	116.241,38	121.091,02
2022	0	114.026,31	117.259,40	118.313,21	122.354,58	122.600,12	127.449,76
2023	0	120.893,74	124.126,84	125.180,65	129.222,02	129.457,56	134.317,20
2024	0	128.310,58	131.543,67	132.597,48	136.638,85	136.884,39	141.734,03
2025	0	136.320,76	139.553,85	140.607,66	144.649,03	144.894,57	149.744,21
2026	0	144.971,75	148.204,85	149.258,66	153.300,03	153.545,56	158.395,21
2027	0	154.314,82	157.547,92	158.601,73	162.643,10	162.888,63	167.738,28
2028	0	164.405,34	167.638,44	168.692,25	172.733,62	172.979,15	177.828,80
2029	0	175.303,10	178.536,20	179.590,01	183.631,38	183.876,91	1883726,56
2030	0	187.072,68	190.305,78	191.359,59	195.400,96	195.646,50	200.496,14

Fuente: Elaboración propia.

## 7. Conclusiones

Para la determinación del caudal de biogás generado en el Relleno Sanitario se utilizó el Modelo Mexicano de biogás v2.0, comprobando de esta manera la fiabilidad del modelo matemático.

La Cantidad de Cer's (bonos de carbono) obtenidos en el análisis de escenarios indican una cantidad total de 1.200.333,59 Cer's para el período 2013-2025 y 1.426.650,35 Cer's para el período 2013-2030.

El flujo de caja neto por la compensación de Bonos de Carbono en el mercado internacional asciende a 1.343.412,11 dólares para el escenario 2 y 1.835.937,23 dólares para el escenario 3.

El volumen máximo de biogás con contenido de CH<sup>4</sup> que dejará de expulsarse al medio ambiente alcanza las 135.871,48 Tn, sin embargo aunque la vida útil del proyecto llegue a su fin la recuperación de biogás se prolongará por un período aproximado de 10 años adicionales, por lo que la implementación de este proyecto supone una gran ayuda a los esfuerzos por mitigar las causas del cambio climático.

Los indicadores económicos de los seis escenarios de análisis muestran una rentabilidad positiva y sugieren que la implementación del proyecto genera beneficios económicos de consideración, aunque el margen entre el escenario menos favorable que es el escenario 2 versus el más favorable que es el escenario 3 es reducido.

## 8. Bibliografía

**Alianza MDL, 2009** Reducción de Emisiones Certificadas CER's, <http://www.co2.org.co/?IDPagina=72>. Noviembre 2010.

**Aguilar-Virgen, Q., Taboada-González, P. A., Ojeda-Benítez, S. (2011). Modelo Mexicano para la estimación de la generación biogás.** Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 15-1, pp 37-45, ISSN: 1665-529-X.

**EPA, 1998.** *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Volume 1: Stationary Point and Area Sources*, 5th ed., Chapter 2.4. Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC. U.S. Environmental Protection Agency.

**Hernández, 2009** Captura y aprovechamiento del biogás de los rellenos sanitarios "San Nicolás" y "Las Cumbres" del municipio de Aguascalientes, Aguascalientes, México,.... <http://www.institut-gouvernance.org/fr/analyse/fiche-analyse-441.html>, Nov. 2010.

**López y García, 2006** Análisis sistema de generación de energía eléctrica mediante basura doméstica para una casa-habitación en la población de Mexicali, B.C. México, <http://www.sabetodo.com/contenidos/EEyVAVyEV-VmmDAXjCS.php>, Nov. 2010.

**Ludwig V., 2009** Manual del Usuario Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0, Marzo de 2010.

**Prochile, 2007** Calidad y Medio Ambiente, [http://www.prochile.cl/servicios/medioambiente/bonos\\_de\\_carbono.php#1](http://www.prochile.cl/servicios/medioambiente/bonos_de_carbono.php#1), Nov. 2010.

**Rodríguez, 20082** Informe Semestral de Monitoreo Ambiental, Período 1/ 2008, La Paz.

**Rodríguez, 20083** Informe Semestral de Monitoreo Ambiental, Período 2/ 2008, La Paz.

**Rodríguez, 20094** Informe de monitoreo ambiental enero 2009, La Paz.

**Rodríguez, 20095** Informe de monitoreo ambiental febrero 2009, La Paz.

**Rodríguez, 20096** Informe de monitoreo ambiental marzo 2009, La Paz.

**Rodríguez, 20097** Informe de monitoreo ambiental abril 2009, La Paz.

**SCS ENGINEERS, 2005** Estudio de pre-factibilidad de recuperación y utilización de biogás en el relleno sanitario el Combeima Ibagué, Colombia. 2005; Junio del 2005 File No. 02204055.03.

**SCS ENGINEERS, 2005** Estudio de pre-factibilidad para la recuperación de biogás y producción de energía relleno sanitario Huaycoloro Lima, Perú; Junio del 2005 File No. 02204055.04.

**SIREMU, 2009** Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Proyecto Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma, Sistema de Supervisión y Regulación Municipal SIREMU. La Paz.

**SIREMU, 2008** Prestación del servicio de aseo urbano en el Municipio de La Paz, Sistema de Supervisión y Regulación Municipal SIREMU.

**Urcullo, 2009** Promoción del Mercado de Carbono en Bolivia y Condiciones para el Desarrollo de la Bolsa de Responsabilidad Social y Ambiental, Editorial AP, junio de 2009. La Paz.

**Villalba, 2009** Datos estadísticos del peso de residuos sólidos ingresados y confinados en los rellenos sanitarios de Mallasa y Alpacoma, Sistema de Supervisión y Regulación Municipal SIREMU. La Paz.