

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACM0001 PARA LA
PROPUESTA DE UN PROYECTO MDL EN EL RELLENO
SANITARIO DEL CANTÓN MEJIA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

MARCOS ISRAEL PÉREZ BURBANO
egemelito1@hotmail.com

MICHAEL ANDRÉS PONCE MONTENEGRO
michaelponcem@gmail.com

DIRECTOR: ING. MSc CESAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA
cesar.narvaez@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Marcos Israel Pérez Burbano y Michael Andrés Ponce Montenegro, declaramos que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Marcos Israel Pérez Burbano

Michael Andrés Ponce Montenegro

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marcos Israel Pérez Burbano y Michael Andrés Ponce Montenegro.

ING. CESAR NARVÁEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme la vida, salud y fuerza para alcanzar cada una de mis metas.

A mis padres por su amor, comprensión y apoyo en todo momento y circunstancia.

A mis hermanos y familia por acompañarme siempre y ser parte de mi vida.

A todos mis amigos y amigas que han sido partícipes de todas las experiencias y sueños realizados.

Al Ingeniero Cesar Narváez por el apoyo y conocimiento transmitido.

Michael

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido realizar y concluir este trabajo, junto a personas tan maravillosas como lo son mi familia, amigos y compañeros.

A mi esposa, Patricia, y mis padres Carlos y Ruth, que me han apoyado y motivado en todo momento para culminar este trabajo y este periodo de mi vida, gracias por su apoyo y amor.

A mi compañero y amigo Michael, con quien pude cursar la carrera y realizar este trabajo.

Al Ilustre municipio del Cantón Mejía y su personal que nos brindaron apoyo y colaboración para poder realizar este trabajo.

Al Ing. César Narváez por su colaboración y guía en este proyecto, así como a todos los profesores de la carrera, quienes me han brindado su apoyo y conocimientos para formación profesional.

Marcos

DEDICATORIA

De manera muy especial dedico este proyecto de titulación a Papavititor, quien cada día es un modelo de inspiración en la lucha, esfuerzo, entrega, sacrificio y perseverancia bajo los valores de rectitud y honestidad; y quien siempre estará en mi memoria y en mi corazón.

Michael

DEDICATORIA

A mi esposa, Patty, por todo el amor y apoyo que me ha dado, a mis padres Carlos y Ruth que sin ellos no habría podido culminar mis estudios y a mi Marquitos Alejandro que siempre lo llevo en mi corazón.

Marcos

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
DEDICATORIA	VI
DEDICATORIA	VII
CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
PRESENTACIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 HIPÓTESIS.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	2
CAPÍTULO 2.....	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO	4
2.1.1 EL EFECTO INVERNADERO	4

2.1.2	PRINCIPALES GASES GEI	4
2.1.3	EL CALENTAMIENTO GLOBAL.....	7
2.2	CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA CAMBIO CLIMÁTICO.....	9
2.3	MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO.....	10
2.4	RELLENOS SANITARIOS	12
2.4.1	LIBERACIÓN DE GASES GEI EN EL SECTOR DE RESIDUOS	12
2.4.2	ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PROCEDENTE DE RELLENOS SANITARIOS	14
2.5	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL.....	15
2.6	SITUACIÓN ACTUAL, REGIONAL Y NACIONAL.....	17
2.6.1	SITUACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.....	17
2.6.2	LA SITUACIÓN DEL ECUADOR.....	21
CAPÍTULO 3.....		23
METODOLOGÍA.....		23
3.1	METODOLOGÍAS APLICADAS A RELLENOS SANITARIOS PARA PROYECTOS MDL EN LA CMNUCC	23
3.2	METODOLOGÍA CONSOLIDADA APROVADA DE LINEA BASE Y MONITOREO ACM0001	24
3.2.1	FUENTES, DEFINICIONES Y APLICABILIDAD	24
3.2.2	METODOLOGÍA DE LÍNEA BASE	27
3.2.3	METODOLOGÍA DE MONITOREO	32
3.3	USO DE LA METODOLOGÍA EN OTROS PROYECTOS DEL ECUADOR.	34
3.3.1	PROYECTO DE GAS DEL VERTEDERO DE ZÁMBIZA, QUITO.....	34

3.3.2	PLANTA DE EXTRACCIÓN Y COMBUSTIÓN DE BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO INGA I Y II	35
3.4	ALCANCE DE LA METODOLOGÍA PARA EL CASO DE ESTUDIO	36
3.4.1	LÍMITE DEL PROYECTO	36
3.4.2	VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS	38
3.4.3	ESTIMACIONES	38
3.4.4	FUGAS.....	38
3.4.5	EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AL CASO DE ESTUDIO.....	38
	CAPÍTULO 4.....	41
	VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACM0001 EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MEJÍA	41
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LÍNEA BASE	41
4.1.1	ANÁLISIS DE LÍNEA BASE.....	41
4.2	IDENTIFICACION DE ESCENARIOS	43
4.2.1	ADICIONALIDAD	43
4.3	CÁLCULO DE CER	50
4.3.1	HERRAMIENTA PARA CÁLCULO DE EMISIONES DESDE UN RELLENO SANITARIO.....	50
4.3.2	ESTIMACIÓN DE LA LINEA BASE Y PROYECTO	64
4.3.3	DIMENSIONAMIENTO DE ANTORCHAS	71
4.4	RESULTADOS	79
4.4.1	RESULTADOS AMBIENTALES	79
4.4.2	RESULTADOS SOCIOECONÓMICOS	79
4.5	RELACIÓN COSTO BENEFICIO	80
4.5.1	ANÁLISIS DE COSTOS	80

4.5.2	ANÁLISIS DE BENEFICIOS.....	82
4.5.3	COSTO BENEFICIO	83
4.6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	86
CAPÍTULO 5.....		89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		89
5.1	CONCLUSIONES	89
5.2	RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA.....		93
ANEXOS.....		95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Propiedades de los principales GEI	6
Cuadro 2.2 Cálculo de emisiones de CO ₂ en proyecto Novagerar	19
Cuadro 3.1 Metodologías aprobadas para la reducción de GEI.	23
Cuadro 3.2 Metodologías consolidadas para la reducción de GEI.	23
Cuadro 3.3 Actualización de las metodologías aprobadas	25
Cuadro 3.4 Resumen de los gases de efecto invernadero y las fuentes incluidas y excluidos del ámbito del proyecto	27
Cuadro 3.5 Datos y Parámetros no monitoreados	30
Cuadro 3.6 Datos y Parámetro Monitoreados	32
Cuadro 3.7 Línea base definitiva adoptada para el proyecto de investigación en función del Cuadro 3.4.....	37
Cuadro 4.1 Descripción de las fuentes y gases incluidos en el ámbito de este proyecto.....	42
Cuadro 4.2 Resumen de las alternativas a la actividad del proyecto y sus impactos	47
Cuadro 4.3 Factores para el cálculo del factor de corrección ϕ_y , en base a un proyecto específico.	54
Cuadro 4.4 Selección de valores para el cálculo del factor de corrección ϕ_y	55
Cuadro 4.5 Clasificación de la DOC _j en función del tipo de residuos j	57
Cuadro 4.6 Parámetros no monitoreados con los valores de referencia a aplicar ...	58
Cuadro 4.7 Tasa de decaimiento k_j de acuerdo al clima y tipo de residuo j	59
Cuadro 4.8 Categorización y codificación aplicada a los residuos.	61
Cuadro 4.9 Pesos de residuos anuales y diarios según la categorización	62
Cuadro 4.10 Proyección del relleno sanitario del cantón Mejía en 20 años.....	63
Cuadro 4.11 Valores mensuales de ETP en la estación Cotopaxi-Clirsén	65

Cuadro 4.12 Variable DOCj valorado en cada categoría de desechos.....	66
Cuadro 4.13 Variable kj valorado en cada categoría de desechos.....	67
Cuadro 4.14 Referencia para el cálculo de y-x tomando la referencia del año x e y a partir del 2011.....	67
Cuadro 4.15 Ejemplo de cálculo de línea base.....	68
Cuadro 4.16 Resultados obtenidos de la línea base.....	69
Cuadro 4.17 Resultados obtenidos del proyecto.....	70
Cuadro 4.18 Estimación del precio unitario de antorcha.....	78
Cuadro 4.19 Dimensionamiento de cubetos y antorchas.....	78
Cuadro 4.20 Utilidad de los CER generados.....	80
Cuadro 4.21 Costos Indirectos.....	81
Cuadro 4.22 Ciclo del proyecto MDL.....	81
Cuadro 4.23 Costos de transacción para proyectos MDL.....	81
Cuadro 4.24 Costos totales.....	82
Cuadro 4.25 Cálculo del flujo de Caja.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Variación temporal de GEI en los últimos 600,000 años.	5
Figura 2.2 Disposición de las celdas en un relleno sanitario	13
Figura 2.3 Proyecto MDL de biogás en Costa Rica.....	19
Figura 3.1 Lineamientos para determinar la adicionalidad del proyecto	40
Figura 4.1 Proceso de operación del Relleno Sanitario.....	42
Figura 4.2 Diseño de un modelo de antorcha para el relleno sanitario	72
Figura 4.3 Implantación de los cuatro cubetos en el predio del relleno.	73
Figura 4.4 Diseño en corte del Cubeto 1 con las antorchas instaladas	74
Figura 4.5 Diseño en planta del Cubeto 1 con las antorchas instaladas	74
Figura 4.6 Diseño en corte del Cubeto 2 con las antorchas instaladas	74
Figura 4.7 Diseño en planta del Cubeto 2 con las antorchas instaladas	75
Figura 4.8 Diseño en corte del Cubeto 3 con las antorchas instaladas	75
Figura 4.9 Diseño en planta del Cubeto 3 con las antorchas instaladas	76
Figura 4.10 Diseño en corte del Cubeto 4 con las antorchas instaladas	76
Figura 4.11 Diseño en planta del Cubeto 4 con las antorchas instaladas.....	77

RESUMEN

El presente proyecto de titulación consiste en la aplicación de la metodología ACM0001 de la Naciones Unidas para la estimación de emisiones de CH₄ en el relleno sanitario del cantón Mejía para verificar si un proyecto de captura y quema de CH₄ en dicho relleno es válido y viable dentro del contexto de un proyecto MDL. Como punto inicial se recopiló información sobre la cantidad de residuos sólidos entrantes al relleno sanitario y su categorización así como el modelo de crecimiento del relleno sanitario. Para la aplicación de la metodología se utilizó una herramienta que permita obtener el cálculo de emisiones de CO₂ y otra para establecer un escenario de referencia con la finalidad de demostrar que existe adicionalidad en el proyecto, identificando posibles alternativas para demostrar la relevancia, económica y ambiental del proyecto, realizando un análisis de inversión, un análisis de barreras tecnológicas de legislación y un análisis de las prácticas comunes

De las estimaciones realizadas se obtuvo un beneficio económico en base a los CER que pueden obtenerse de la reducción de emisiones en el relleno sanitario mediante un análisis costo beneficio y el cálculo de indicadores clave como el VAN y el TIR.

ABSTRACT

This degree project consists in the application of the United Nations methodology ACM0001 for the estimation of CH₄ emissions inside Mejia's landfill in order to verify if a capture and flare of CH₄ project can be developed as a MDL project. First of all, information was obtained from the data of input of solid wastes in the landfill and their own properties related to their particular nature, and from the growth model of the landfill. Furthermore, the application of the methodology requires two tools, one for the estimation of CO₂ emissions from CH₄ data, and another for establish an scenery, which is a reference with the purpose of demonstrate the additionally of the project. Moreover, different analyses such as technological, financial and legislative can be used to identify potential alternatives to the project.

The obtained estimations will provide some profits related to the CER that are calculated with the reduction of emissions in the landfill and a cost benefit analysis, which use the NPV and IRR indicators.

This degree project consists in the application of the United Nations methodology ACM0001 for the estimation of CH₄ emissions inside Mejia's landfill in order to verify if a capture and flare of CH₄ project can be developed as a MDL project. First of all, information was obtained from the data of input of solid wastes in the landfill and their own properties related to their particular nature, and from the growth model of the landfill. Furthermore, the application of the methodology requires two tools, one for the estimation of CO₂ emissions from CH₄ data, and another for establish an scenery, which is a reference with the purpose of demonstrate the additionally of the project. Moreover, different analyses such as technological, financial and legislative can be used to identify potential alternatives to the project.

The obtained estimations will provide some profits related to the CER that are calculated with the reduction of emissions in the landfill and a cost benefit analysis, which use the NPV and IRR indicators.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto es un modelo de un proyecto de captura y quema de CH₄ en un relleno sanitario del Ecuador, el cual puede ser considerado como un proyecto MDL utilizando una metodología que valide la reducción de emisiones y el impacto ambiental en este relleno en particular, para poder generar beneficios económicos que puedan ser utilizados en mejoras del propio relleno.

El capítulo uno muestra la problemática del tema y las guías sobre las cuales se desarrollará la investigación.

El segundo capítulo indica una descripción bibliográfica de los GEI, sus afectaciones, el tema de los rellenos sanitarios y su realidad nacional y mundial.

El tercer capítulo describe los la metodología ACM0001, demostrando cual es la base de la metodología para que se aplique al proyecto.

El cuarto capítulo permite ver los resultados de la aplicación de la metodología ACM0001.

El quinto capítulo trata las conclusiones y recomendaciones del estudio en base a los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMÁTICA

La sostenibilidad no es únicamente un tema ambiental como se ha creído y se ha argumentado, en la actualidad la sostenibilidad está íntimamente ligada a problemas de equidad y calidad de vida, las cuales pueden determinar el desarrollo humano de las naciones. Por estas razones la forma de vida que llevan las personas implicará repercusiones tanto para los millones de habitantes que permanecen sobre la tierra, como para los miles de millones que vendrán. Es necesario cambiar paradigmas establecidos en las últimas décadas donde el consumo de combustibles fósiles era un prerrequisito para una mejor calidad de vida o desarrollo, ahora se debe apostar a inversiones que mejoren la equidad como pueden ser el acceso a energías renovables, agua y saneamiento y salud, ya que lo que se pretende es mejorar tanto la sostenibilidad como el desarrollo humano.

En los últimos años los cambios climáticos ocurridos en la Tierra y los efectos adversos que estos han provocado son de preocupación para toda la humanidad. Considerando que las actividades humanas han incrementado substancialmente las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), los países han tomado medidas para reducir dichas emisiones. Varias han sido las cumbres que se han organizado por parte de las Naciones Unidas en torno a verificar los objetivos de las partes del convenio así como para adquirir compromisos que refuercen el protocolo de Kyoto

La capacidad que tiene el Ecuador para integrar la información desarrollada en temas de cambio climático en una evaluación de los impactos que surgen a partir de los niveles de estabilización o trayectorias de emisión es por el momento, relativamente limitada.

Las principales consecuencias de los cambios e incremento de la temperatura producto del efecto invernadero son las alteraciones en la duración de las

estaciones de cultivo o en la disponibilidad de agua, crecidas, sequías, incendios o plagas. Esta cadena de fenómenos repercutirá notablemente en la estructura y función del medio ambiente. Los ecosistemas más sensibles a estos cambios y que se encuentran vulnerables por el riesgo que corren de soportar un desequilibrio en la armonía que poseen son los bosques; los ecosistemas montañosos, acuáticos y costeros principalmente.

1.2 HIPÓTESIS

Es viable aprovechar el mercado global de los Certificados de Reducción Emisión de Carbono (CER) en el relleno sanitario del cantón Mejía, los mismos que se crean a partir de la eficiencia tecnológica, energética o reducción de emisiones de GEI en proyectos. Con la ayuda de la línea base establecida usando la metodología ACM001 de las Naciones Unidas, definir las pautas para poder comercializar los certificados de emisión calculados, a países interesados.

1.3 OBJETIVOS

Estimar la producción de CER utilizando la metodología ACM0001 para un proyecto de generación de energía eléctrica en el relleno sanitario del cantón Mejía.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la huella de carbono en términos de CO₂ equivalente a partir de las emisiones de CH₄ procedentes del relleno sanitario.
- Establecer la línea base del proyecto para cuantificar la reducción de emisiones estimada.
- Analizar si este proyecto encaja como un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

1.4 JUSTIFICACIÓN

Evidencias científicas cada vez más contundentes indican que las emisiones antrópicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera están generando

cambios significativos en variables climáticas tales como la temperatura, las precipitaciones, y la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos.

Los rellenos sanitarios constituyen una fuente importante en la emisión de biogás resultado del proceso de descomposición biológica de residuos sólidos, conformado principalmente por CH_4 y CO_2 , encontrándose también trazas de compuestos orgánicos volátiles (COV). El CH_4 es el segundo GEI más contribuyente al calentamiento global entre los gases de efecto invernadero, después del CO_2 . Por lo tanto, es necesaria la reducción eficaz de las emisiones de CH_4 a corto y largo plazo para evitar aumentar su concentración en el ambiente, de forma que se pueda evitar un problema mayor debido al incremento de la contribución de este gas en el efecto invernadero.

Debido a que en Ecuador no existe una normativa para regular las emisiones de los rellenos sanitarios la estimación de producción de GEI como carbono equivalente es de vital importancia, debido a que esto permite crear escenarios con proyectos para la reducción de dichas emisiones. A su vez, la generación de proyectos MDL en el Ecuador es una opción estratégica para enfrentar la problemática antes mencionada y para qué proyectos que no tienen la capacidad de generar recursos propios ni inversiones fuertes como los rellenos sanitarios puedan adquirir un plus económico que mejorará las condiciones del relleno y de las poblaciones beneficiadas por el mismo (Valenzuela, et al., 2008).

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO

2.1.1 EL EFECTO INVERNADERO

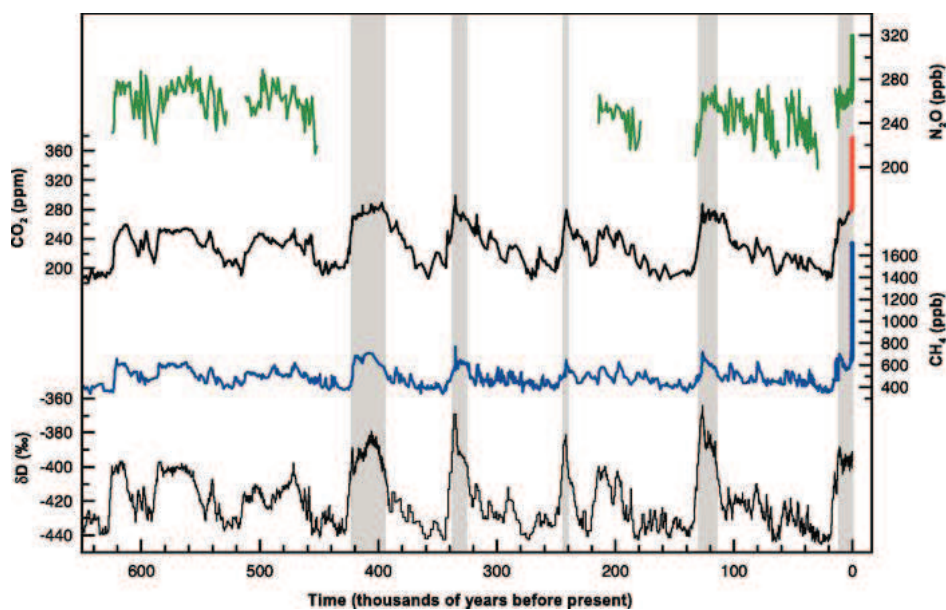
La temperatura de la Tierra está controlada por el balance que se da entre el aporte de energía que proviene desde el sol y la energía perdida o reflejada hacia el espacio nuevamente, en este balance de energía y control térmico los gases de la atmósfera juegan un papel importante y crítico. La energía reflejada hacia el espacio es alrededor de un tercio, mientras que la energía restante que llega como radiación de onda corta (visible y ultravioleta) es absorbida en su mayoría por la superficie terrestre y los océanos. Producto de este flujo de energía la tierra se calienta y a su vez emite radiación desde la superficie, conocida como longitud de onda infrarroja que es de mayor longitud que la luz visible pero menor que las microondas. Los gases antes mencionados son capaces de atrapar este tipo de radiación emitida por la Tierra, este fenómeno hace que la atmósfera que los contiene se caliente debido a que el flujo de radiación que ingresó a la Tierra es mayor que el que sale al exterior. Los principales GEI presentes en la atmósfera son: vapor de agua, CO₂, O₃, CH₄, y óxidos de nitrógeno, ya que gases como el oxígeno y nitrógeno que son mucho más abundantes no tienen ningún efecto de retención de calor en la atmósfera (Maslin, 2007).

2.1.2 PRINCIPALES GASES GEI

Los gases que producen el efecto invernadero sobre la Tierra se los puede encontrar de forma natural, pero no hay ninguna duda que la producción actual mundial y la gran demanda de bienes y servicios han generado un serio incremento de la concentración de estos gases. Sin embargo, existen otros gases que están vinculados exclusivamente al desarrollo productivo generado por los seres

humanos. Los principales gases se muestran en la Figura 2.1, donde se hace un análisis temporal de alrededor de 600,000 años y se puede apreciar el incremento en los últimos años. Por otro lado el Cuadro 2.1 indica las fuentes de generación de los gases y algo importante que se utilizará para la metodología de esta investigación, es el Potencial de Calentamiento Global (PCG), que va desde un valor de 1 para el CO₂ hasta 24000 para el SF₆.

Figura 2.1 Variación temporal de GEI en los últimos 600,000 años.



FUENTE: IPCC, 2007

Para una mayor facilidad de estimaciones, la Convención Marco de Las Naciones Unidas para Cambio Climático (CMNUCC) ha establecido una equivalencia de cada uno de los GEI con respecto al CO₂, siendo este el principal referente debido a su abundancia en la atmósfera, producto de actividades tanto antrópicas como naturales. Por lo tanto el CO₂ es la unidad de medida desde el punto de vista del calentamiento global, esta equivalencia se ha denominado PCG la cual está estandarizada en un lapso de cien años, en función de la composición química de los gases en la atmósfera, el potencial de calentamiento varía pero no en forma lineal. El CH₄ es el principal GEI de interés en esta investigación y su potencial de

calentamiento es 56 veces más potente que el CO₂ en un margen de tiempo de 20 años, mientras que el valor de este potencial se reduce a 21 veces (Cuadro 2.1) si se toma un margen de 100 años. De forma estandarizada en proyectos MDL para el cálculo de reducciones de emisiones se deberá tomar como base un lapso de una 100 años (Barnosky, 2009).

Cuadro 2.1 Propiedades de los principales GEI

Nombre GEI	Fórmula Química	Concentración Pre- Revolución Industrial (ppb)	Concentración 1994 (ppb)	Concentración 2008 (ppb)	Fuente de generación	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de Carbono	CO ₂	278 ppm	358 ppm (incremento del 30%)	386 ppm	Combustión de combustibles fósiles Cambios de uso del suelo Producción de Cemento	1
Metano	CH ₄	700	1721 (incremento del 240%)	1790	Combustibles fósiles Arrozales Depósitos de basura Establos	21
OxidoNitroso	N ₂ O	275	311 (incremento 15%)	323	Fertilizantes Procesos Industriales Combustión de combustibles fósiles	310
CFC-12	CCl ₂ F ₂	0	0.503	0.503	Líquidos refrigerantes	6600
HCFC-22	CHClF ₂	0	0.105	-	Líquidosrefrigerantes	1350
Perfluorometano	CF ₄	0	0.070	-	Producción de Aluminio	6500
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	0	0.032	-	Fluidosdieléctricos	24000

FUENTE: Maslin, 2007

2.1.3 EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global es la variación gradual de la temperatura que en promedio va incrementándose con relación a las medias de registros en periodos anteriores. En la actualidad, las preocupaciones en relación a los potenciales efectos que desencadenaría un incremento mayor de la temperatura media de la atmósfera terrestre son cada vez mayores ya que se pronostican desastres nefastos bajo el concepto del calentamiento global.

Este concepto no es precisamente nuevo, en los últimos 30 años se han publicado varios trabajos científicos, algunos de ellos enfocados en datos del desgaste o disminución glacial producto del incremento de GEI y también basados en la dendrocronología que estima los cambios climáticos en función del crecimiento de anillos de plantas arbóreas y arbustivas leñosas.

Sin embargo, no sería sino en el año 2006 cuando en realidad el concepto del calentamiento global pasó de ser un tema abordado científicamente a ser un tema del día a día y de conocimiento general, ya que en ese año la información fluyó a través de libros, películas y publicaciones en revistas y periódicos, donde se mencionaba que el clima realmente está cambiando y el precursor principal de este cambio son los seres humanos. Es a partir de aquí que las preguntas pasaron de “¿Qué es el calentamiento global?” a “¿Que podemos hacer para enfrentarlo?” (IPCC, 2001).

Mucho se ha dicho y pronosticado sobre las afectaciones en las especies más vulnerables a los cambios de temperatura, pero es necesario plantear el escenario desde un punto de vista más profundo donde el tema de fondo sería evaluar en cuanto difieren los cambios que se están empezando a notar en comparación con los flujos y variaciones que sufrieron los ecosistemas hace millones de años (IPCC, 2001).

Para entender la problemática del calentamiento global es necesario expresar cuales son los factores que determinan el clima de la Tierra, un sistema complejo e interactivo compuesto principalmente por: atmósfera, superficie terrestre, cuerpos de agua y seres vivientes; todos estos componentes interactúan para determinar el

clima o el estado del tiempo. Las variables principales que establecen la variabilidad climática son especialmente la temperatura y la precipitación, por lo tanto este sistema no solo está definido por la dinámica propia del clima sino que la influencia de factores externos son relevantes en los cambios del sistema. Los factores externos pueden ser fenómenos naturales como las erupciones volcánicas o los cambios generados por fuentes antrópicas. Existen tres formas de cambiar el balance de radiación o energía que regula la temperatura del planeta que son principalmente: cambiar o variar la cantidad que ingresa de radiación, es decir alejarnos más del sol cambiando la órbita en la cual gravitamos; otra forma es variando la fracción de radiación que se refleja en la tierra que se relaciona exclusivamente con el albedo; y por último se logra alterando la cantidad de radiación de onda larga que proviene de la tierra hacia el espacio, lo cual se logra aumentando la concentración de GEI.

Durante el día cada segundo llegan 1370 W/m^2 a la atmósfera de la tierra, esto se debe a la incidencia del sol, de este global de energía una cuarta parte en promedio se estima que alcanza toda la tierra, 411 W/m^2 de la energía que llega a la atmósfera cada segundo es reflejada directamente, este fenómeno de reflexión se debe principalmente a la presencia de nubes y pequeñas partículas que pertenecientes a la atmósfera conocidas como aerosoles y en menor proporción a la superficie de la tierra donde principalmente actúan la nieve, el hielo y los desiertos. Las nubes al parecer presentan un fenómeno similar al efecto invernadero, ya que pueden retener el calor emitido desde la superficie de la tierra, como se puede apreciar experimentalmente la temperatura es menor cuando hay ausencia de nubes. Sin embargo, en el balance promedio el papel de las nubes es reducir la temperatura ya que mayor es la energía que se pierde en su reflexión. El restante de este balance es la energía propiamente absorbida por la tierra, en promedio son 240 W/m^2 , como se mencionó antes la energía absorbida es nuevamente emitida y de forma continua hacia el espacio pero con una longitud de onda mayor como es la infrarroja. Con esta cantidad de energía emitida la temperatura de la tierra alcanzaría únicamente $-19 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatura bajo la cual no podría existir el planeta que se conoce hoy. La temperatura promedio en realidad es de $14 \text{ }^\circ\text{C}$ esto se debe a los ya conocidos GEI y al efecto que generan (Baum Seth D., 2012).

2.2 CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA CAMBIO CLIMÁTICO

La CMNUCC es un instrumento legal que supo incorporar la realidad de los procesos de cambio climático en el medio ambiente. Su éxito se debe a que los miembros del tratado están obligados a actuar en favor de la mitigación del cambio climático para beneficio de la seguridad humana, aun cuando la certeza científica de los procesos de cambio del clima esté en duda.

El objetivo de la CMNUCC es lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera para que las intervenciones antrópicas no generen un desequilibrio del sistema climático. El nivel óptimo para estabilizar el sistema deberá lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. Además, la CMNUCC define al cambio climático como “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (ONU, 1992).

Dentro de la convención, se definen algunos principios que deberán adoptar las partes inmersas en este propósito, dentro de los cuales se puede destacar a la protección del sistema climático para las generaciones actuales y futuras, la vulnerabilidad a efectos adversos de cambio climático producto de las necesidades y circunstancias especiales de países en desarrollo, tomar medidas de precaución para prevenir y mitigar los efectos del cambio climático, promover el derecho al desarrollo sostenible, y cooperar en la promoción de un sistema económico internacional que facilite a las partes y especialmente a países en desarrollo las herramientas para combatir los problemas de cambio climático. Cabe destacar que se plantearon diez compromisos teniendo en cuenta la responsabilidad común y a la vez diferenciada de los países, donde cada país deberá formular y actualizar inventarios nacionales de emisiones antrópicas utilizando metodologías

comparables. La difusión y transferencia de tecnologías prácticas que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antrópicas de GEI en sectores energéticos y también en la gestión de desechos (ONU, 1992).

La convención cuenta con una gran cantidad de profesionales, equipos técnicos y científicos, trabajando en conjunto para desarrollar metodologías estandarizadas de MDL en proyectos a larga escala como por ejemplo en eficiencia energética y también en aprovechamiento de gases en rellenos sanitarios, que es el tema de esta investigación; también se desarrollan investigaciones en proyectos a pequeña escala, por ejemplo, generación de energía, aprovechamiento de residuos y desechos y reciclaje de materiales; por otro lado, se abren dos campos metodológicos enfocados en la reforestación y aforestación que de igual manera plantean una mayor captación de CO₂ a través de una mayor producción de biomasa, estos proyectos también se dividen en larga y pequeña escala.

2.3 MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO

Los MDL son una salida real para países en desarrollo que tienen como objetivo mejorar las condiciones del ambiente y evitar su degradación ambiental especialmente mitigando las emisiones de gases que provocan un incremento del calentamiento global.

Según el protocolo de Kyoto acordado en el año de 1997, en el artículo 12 se define el objetivo principal que genera un MDL, de acuerdo al siguiente texto: “El propósito del MDL es ayudar a las partes no incluidas en el Anexo B, a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la convención, así como ayudar a las partes incluidas en el Anexo B, a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones de GEI” (ONU, 1998).

De acuerdo a la ONU, el Ecuador en el año 2011 alcanzó un Índice de Desarrollo Humano (IDH) superior a la media de todos los países. El IDH es una medida compuesta que sintetiza los avances en salud, educación e ingresos a fin de establecer un marco de referencia para el desarrollo social y económico (PNUD). Estas referencias muestran el interés del país en mejorar e incrementar los índices de calidad de vida de la población, lo que muchas veces deja a un lado los

proyectos de mejoras y prevención a la contaminación ambiental. Por lo cual nuestro país no consta en el Anexo B del protocolo de Kyoto, además que la realidad de los ecuatorianos y del mundo en temas de contaminación y degradación ambiental difieren mucho a las preocupaciones y objetividad actual, en el anexo antes mencionado se involucran en su mayoría países de la Unión Europea junto con Estados Unidos, los mismos que establecieron metas y compromisos para reducir sus emisiones tomando una línea base de referencia establecida en 1990, para dar cumplimiento a la reducción de no menos del 5% en relación a la línea base para el periodo de 2008-2012.

Sin lugar a duda los MDL son una oportunidad para países como el Ecuador para participar de un fin común que engloba a todos los países que buscan reducir sus emisiones de GEI, nuestro país puede ingresar a estos mercados como parte oferente ya que al no ser un país industrializado las emisiones que genera está muy por debajo de potencias mundiales, por lo cual se genera una demanda de bonos de carbono por parte de los países industrializados en busca de cumplir con las metas y compromisos establecidos en el protocolo de Kyoto, las potencias buscan realizar un intercambio de sus excedentes de emisiones con aquellos países que no excedan las metas de protocolo bajo el principio de que el efecto de sus emisiones en la atmósfera es el mismo que el que se produciría en cualquier parte del mundo con el mismo número de emisiones, similar al principio de dispersión . Es a través de este mercado que se pueden financiar los proyectos con tecnologías limpias que disminuyan las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, siendo estos un estímulo para continuar realizando esfuerzos que permitan vender los suplementos conseguidos.

La propuesta del protocolo de Kyoto se manifiesta a través de la inserción de los mecanismos de mercados que facilitan cumplir con las metas de reducción de emisiones, en donde conjuntamente la oferta y la demanda aportan al desarrollo de proyectos de producción limpia, por lo cual el equilibrio y la sostenibilidad de los proyectos dependen de las dos partes en el mercado (Lafferriere, 2008).

2.4 RELLENOS SANITARIOS

Los rellenos sanitarios han evolucionado desde los botadores de basura a cielo abierto que es una forma precaria de gestión final de desechos que conlleva a serios problemas de salud y contaminación ambiental; los rellenos se desarrollaron en una base ingenieril y económica donde existe varias etapas y procesos previos así como una planificación de control, clausura y post clausura que permiten una gestión adecuada de los residuos sólidos municipales principalmente. Los rellenos sanitarios o vertederos son “instalaciones físicas utilizadas para la evacuación en los suelos de la superficies de la tierra, de los rechazos procedentes de los residuos sólidos”, estas instalaciones están diseñadas para minimizar los impactos ambientales y las afectaciones a la salud pública (Tchobanoglous, et al., 1994).

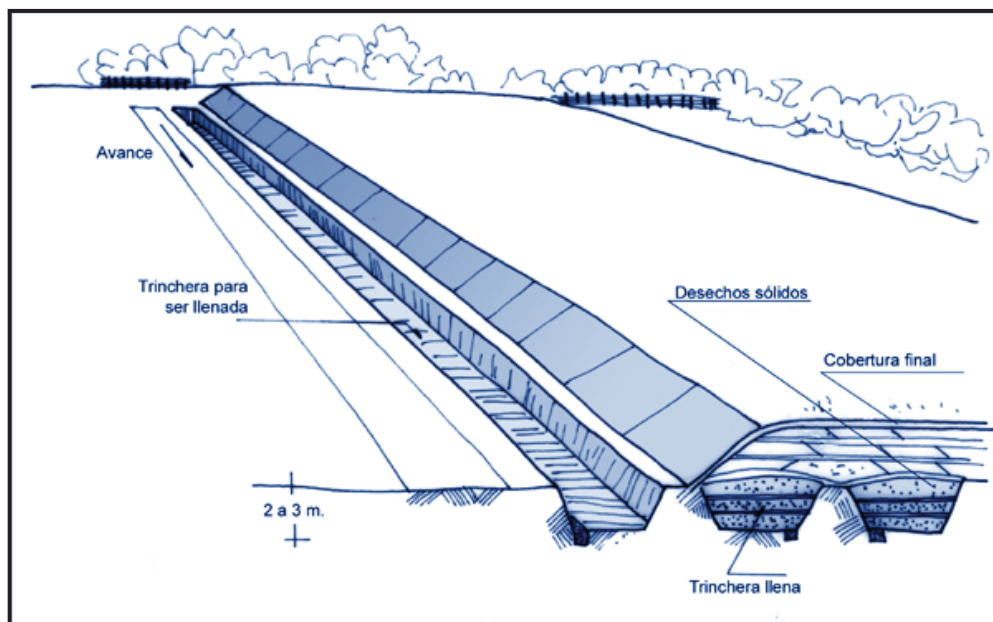
Las operaciones unitarias principales que se desarrollan en los rellenos son la supervisión de flujo de ingreso de residuos, la colocación y compactación de los mismos y la implantación de instalaciones para el control y supervisión ambiental. El proceso para la colocación de materiales se hace a través de celdas (volumen de material depositado) normalmente se toma como referencia el volumen diario, la celda incluye también el material de recubrimiento que se puede hacer con suelo natural que se va extrayendo de las mismas instalaciones. La figura 2.2 indica cómo se van cubriendo los desechos depositados y como se van creando nuevas celdas para poder depositar nuevos materiales, con la figura 2.2 se tiene un concepto general de cómo es el avance de trabajo en el relleno.

2.4.1 LIBERACIÓN DE GASES GEI EN EL SECTOR DE RESIDUOS

A continuación se hace referencia principalmente a residuos urbanos municipales, de conformidad con el formato común de reporte (CRF por sus siglas en inglés) del IPCC, los siguientes subsectores son fuente de liberación de GEI:

- Rellenos sanitarios.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Incineración de residuos.

Figura 2.2 Disposición de las celdas en un relleno sanitario



FUENTE: Organización Panamericana de la Salud, 2007

En los últimos tiempos los rellenos sanitarios se han mostrado como la alternativa y la última vía para la disposición final de los desechos debido al mínimo costo que requiere esta tecnología. El biogás es el gas generado en los rellenos sanitarios por la descomposición biológica de los residuos, y está compuesto básicamente por CH_4 , CO_2 y trazas de COV. Dichas emisiones se deben incluir dentro de la huella ecológica, ya que su impacto es significativo dentro de la generación de gases de efecto invernadero, por lo que se debe cuantificar dichas emisiones (Tchobanoglous, et al., 1994).

La descomposición de la materia orgánica es un proceso complicado, en cual intervienen diversos factores, como son: temperatura, disponibilidad de oxígeno, características del suelo y edad del relleno entre otras. Debido a esto la descomposición se puede dar en varias etapas.

Fase I: Es una fase en presencia de oxígeno, es decir aerobia, se da inmediatamente después de que ingresan los residuos al relleno, en el cual la materia que es fácilmente degradable se degrada dando como resultado la formación de CO_2 , agua y materia parcialmente descompuesta.

Fase II: Aeróbica, actúan los organismos facultativos dando como resultado la producción de ácidos orgánicos y una reducción importante del pH, con lo cual se generan condiciones propicias para la liberación de metales en el agua y la generación de dióxido de carbono (CO₂).

Fase III: En ausencia de oxígeno. Anaeróbica, resultado de la acción de organismos formadores de CH₄, que en las condiciones adecuadas, actúan lenta y eficientemente en la producción de este gas mientras reducen la generación de dióxido de carbono (CO₂).

Fase IV: Metanogénica estable, que registra la más alta producción de CH₄ oscilando entre 40-60% de CH₄ en volumen.

Fase V: Estabilización, la producción de CH₄ comienza a disminuir y la presencia de aire atmosférico introduce condiciones aeróbicas en el sistema (Camargo, 2009).

2.4.2 ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PROCEDENTE DE RELLENOS SANITARIOS

Dentro del protocolo de Kyoto, uno de los objetivos es la estimación del biogás emitido desde los sitios de disposición final de residuos sólidos, sin embargo dicha estimación resulta muy compleja debido a los múltiples factores que intervienen y también al alto número de fuentes.

En un relleno sanitario existen dos fases dentro de su vida útil: la etapa de funcionamiento y la etapa de clausura.

- Etapa de Funcionamiento: Se da cuando los residuos sólidos urbanos son depositados y degradados en estos sitios hasta antes de alcanzar su capacidad máxima. En esta etapa se emite la mayor cantidad de CH₄ con respecto a los rellenos clausurados, esto se debe a que la degradación de la materia orgánica ocurre en su mayoría en los primeros años.
- Etapa de Clausura: Se da cuando se alcanza la máxima capacidad de almacenamiento de residuos sólidos y se ejecuta su cierre. Sin embargo tras el cierre, un relleno sanitario continúa con la generación y emisión de biogás, posiblemente por varios cientos de años (Camargo, 2009).

De acuerdo con algunos estudios se ha determinado que, en teoría, la cantidad de biogás que se genera de una tonelada de carbono biodegradable es igual a 1868 Nm³ (Nm³ = Metro cúbico normal). Para países industrializados, el potencial de biogás que puede ser generado de los residuos sólidos municipales es de aproximadamente 370 Nm³, aunque esta cantidad se encuentra determinada por diversos factores. La evidencia empírica en los países desarrollados ha demostrado que la biodegradación ocurre en forma dispereja e imperfecta, por lo que se considera que la generación de biogás se aproximaría más a los 200 Nm³ por cada tonelada de basura depositada que a la cifra anterior (Colmenares, W., 2000).

2.4.2.1 MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN

Existen diversos métodos para la estimación de biogás, algunos de los más importantes son los recomendados por el IPCC y otros por el programa de emisión de CH₄ en rellenos sanitarios de la EPA. El IPCC recomienda dos métodos para la estimación de biogás con el objetivo de establecer los inventarios nacionales de gases invernadero.

El primero corresponde a la metodología por defecto, adaptada de la metodología teórica desarrollada por Bingemer y Crutzen (1987), que se basa en que todo el potencial de CH₄ se libera en el mismo año que se depositan los residuos, este método es recomendable para regiones en las que se dificulta disponer de datos detallados sobre los residuos sólidos y se requiere realizar estimaciones que incluyan al contenido de carbono orgánico degradable en los residuos y la calidad en el manejo del sitio de disposición. El segundo método corresponde a la metodología cinética de primer orden, denominada también modelo Scholl-Canyon, que resulta más apropiado para el cálculo de emisiones de sitios de disposición en forma individual, para la predicción de la generación de biogás durante la vida útil del relleno sanitario utilizando datos de entrada específicos (Camargo, 2009).

2.5 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

La Constitución de la República del Ecuador aprobada en el año 2008, reconoce en el artículo 14 el derecho de los ecuatorianos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado para garantizar la sostenibilidad y el buen vivir.

En el artículo 264 numeral 4 se establece como competencias de los gobiernos municipales a prestar servicios públicos en: agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

El artículo 415 reconoce que el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados (GADS) desarrollarán programas de uso racional del agua y la reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

EL Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD), determina las competencias de los GADS entre ellas al manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental.

Por Decreto Ejecutivo No. 645 publicado en el Registro Oficial 385 de 15 de Febrero de 2011, artículo 1, se transfirieron al Ministerio del Ambiente todas las competencias, atribuciones, funciones y delegaciones que en materia de residuos sólidos ejercían la Subsecretaría de Saneamiento, Agua Potable, Alcantarillado y Residuos Sólidos, la Dirección de Regulación y Gestión de Servicios Domiciliarios de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos, la Dirección de Control y Apoyo a la Descentralización de Servicios Domiciliarios de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos y la Unidad de Servicios Domiciliarios de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Mediante un informe técnico la Dirección Nacional de Control Ambiental y la Dirección Nacional de la Prevención de la Contaminación Ambiental establecieron en Marzo de 2012 el procedimiento para el cierre técnico y saneamiento de botaderos y viabilidad técnica a proyectos de desechos sólidos, el mismo que acordó incluirse en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en el Anexo 6 del libro VI mediante Acuerdo Ministerial 031 firmado el 4 de Abril de 2012. En el mismo acuerdo se da la Aprobación de la viabilidad técnica de proyectos para la gestión integral de desechos sólidos a través de los GADS, la viabilidad técnica es un requisito previo a la obtención de la licencia ambiental para proyectos que no estén en operación.

El TULSMA en el Anexo 6 del libro VI, presenta la única norma técnica con criterios para el manejo de desechos sólidos no peligrosos desde su generación hasta su disposición, la norma no regula los desechos sólidos peligrosos. Con respecto al manejo de gases en la norma únicamente se hace referencia a que la quema de gases debe realizarse a través de chimeneas y la combustión a través de un quemador o mechero encendido.

El cantón Mejía cuenta con la ordenanza 229 para el manejo de desechos sólidos, donde se menciona aspectos como la clasificación de desechos, el uso de recipientes por color, el tratamiento y aprovechamiento, y disposición. La Ordenanza se adjunta en el Anexo 5, donde se puede ver ampliamente los criterios bajo los cuales se manejará el relleno del presente cantón.

2.6 SITUACIÓN ACTUAL, REGIONAL Y NACIONAL

A partir de 1970 el incremento de precio de petróleo hizo buscar alternativas para la obtención de otros combustibles, por lo que se empezaron a investigar proyectos de recuperación de gas natural en los rellenos sanitarios. Por ejemplo, esto generó que en 1983, los Estados Unidos desarrollen alrededor de 20 proyectos en procesos de quema y captura para usar el CH₄ de los rellenos sanitarios (Henry, 1999). En la actualidad existen muchos proyectos de quema y captura de CH₄ en los rellenos sanitarios, la mayoría como proyectos MDL¹.

2.6.1 SITUACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

En América Latina y el Caribe se han emprendido algunos proyectos para la estimación, captación y utilización de biogás. Entre los más importantes existen están:

- **Costa Rica**

El proyecto Bio-térmico Río Azul, es el primer proyecto MDL en Costa Rica y el cuarto a nivel mundial. Está ubicado a 15 Km al este de San José y desde el 2004,

¹ <http://cdm.unfccc.int>

dicha planta bioeléctrica permite la captación del biogás del relleno sanitario de San José llamado el Río Azul. El relleno sanitario está rodeado de habitaciones, principalmente porque estaba al centro de una economía local basada en la recolección informal de desechos.

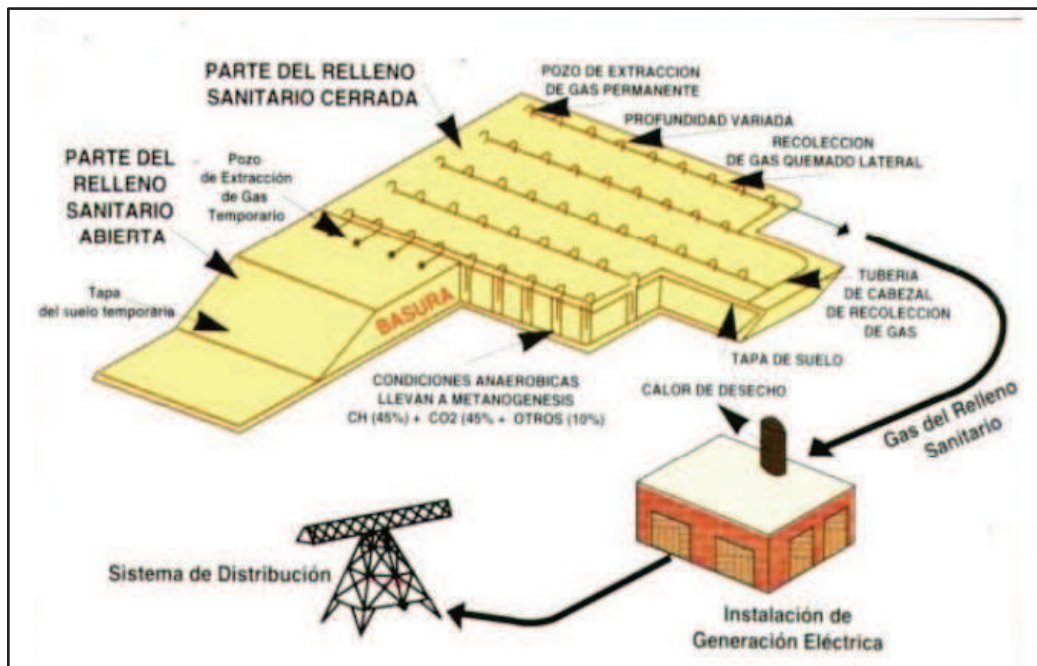
El relleno sanitario, que se encuentra actualmente en un proceso de cierre técnico, fue cubierto de 133 pozos de extracción de CH_4 , el mismo que es conducido hasta la casa de máquinas en la cual es quemado y transformado en electricidad. Dicha electricidad se envía al Sistema Nacional Interconectado (Ver figura 2.3). Este proyecto fue desarrollado mediante una alianza comercial entre la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y una empresa privada –Grupo Corporativo SARET– y se comercializan a nivel internacional unas 54.000 t de CO_2 /equivalente por año en CER, por un monto aproximado a los 2 millones USD durante su vida útil de 10 años (Landreau, B., 2006).

- **Brasil**

El proyecto de NovaGerar, se basa en la recolección y utilización de biogás para la generación de electricidad. El uso del gas de relleno sanitario con eficacia dará lugar a la evasión de aproximadamente 300.000 toneladas de emisiones de CO_2 cada año, y la reducción de emisiones de GEI acumuladas de más de 3,5 millones de toneladas durante el período 2002-2012.

El costo de la construcción y funcionamiento del sistema de recolección de gas depende de la disponibilidad económica en Brasil de ciertos materiales, tales como tubos de polietileno de alta densidad (HDPE), soldadores de fusión, y el tubo de cloruro de polivinilo (PVC).

Figura 2.3 Proyecto MDL de biogás en Costa Rica



FUENTE: LAMNET, 2003

Cálculo de la Emisión de CO₂

- Generación Total = 7 MW
- Tiempo de vida de la planta = 20 años

Cuadro 2.2 Cálculo de emisiones de CO₂ en proyecto Novagerar

Emission Gas	Por año	Vida útil (20 años)
CO ₂	350,000 t/año	7,000,000 t

FUENTE: CMNUCC, 2012

Esa reducción de las emisiones de gases se convertirá en certificados que valen dinero en un mercado en gestación.

La electricidad de NovaGerar costará cerca de 140 reales (70 USD) el megavatio, mucho más caro que la energía hidroeléctrica que predomina en Brasil, admitió a

IPS Adriana Montenegro Felipetto, gerente de Ambiente de S.A Paulista, una de las empresas que desarrollan el proyecto.

NovaGerar representó un avance en la larga batalla para contener las fuentes de contaminación de la Bahía de Guanabara, cuyas aguas y playas hoy presentan mala calidad por recibir gran parte de los residuos y el agua servida de 8,2 millones de personas que viven en sus orillas, a través de 35 ríos.

- **México**

Municipio de Aguascalientes.

- Captura de CH₄ generado en el relleno sanitario para evitar la emisión de 190,821 tCO₂/año. Venta de bonos de carbono por 2 millones USD (valor actual).

Municipio de Salinas Victoria (Proyectos Monterrey I y II)

- Captura de CH₄ generado en el relleno sanitario para evitar la emisión de 166 mil tCO₂/año. Venta de bonos de carbono por 1.7 millones USD¹.

- **Colombia**

El relleno sanitario Doña Juana inicio operaciones en 1989. Actualmente cuenta con aproximadamente 26,000,000 de toneladas de residuos dispuestos, y está proyectada su clausura para el 2016 con una disposición final total de 47, 000,000 toneladas.

Algunas muestras de la calidad de biogás fueron tomadas y analizadas durante una visita confirmando que el biogás generado por el relleno sanitario contiene niveles de CH₄ arriba del 50%.

El modelo de recuperación de biogás fue preparado basado en los índices de disposición, la composición de los residuos, y la climatología del sitio. Los resultados del modelo indican que el relleno sanitario es un buen candidato para un proyecto de recuperación y utilización de biogás.

¹ <http://www.semarnat.gob.mx>

Dadas las proyecciones de biogás, la evaluación preliminar indica que Doña Juana podría tener varias alternativas independientes o en conjunto, para el aprovechamiento del biogás tales como: uso directo en la evaporación de lixiviado, generación de energía eléctrica, conversión a gas natural y combustión. Una evaluación más detallada para determinar la mejor opción es necesaria.

2.6.2 LA SITUACIÓN DEL ECUADOR

La gestión de residuos sólidos está estrechamente relacionada con el crecimiento demográfico, debido a su generación y el ordenamiento territorial. Según el censo del año 2010 en el Ecuador, la población es de 14'483.499 habitantes mientras que en 1990 era de 9'697.979 habitantes (INEC). Con lo expuesto anteriormente es innegable que la generación de residuos ha ido en aumento y con una diferenciación dependiendo de la región, por la diversidad del crecimiento poblacional en cada zona (Cristina). De acuerdo al Ministerio del Ambiente (2012), Quito genera un promedio de 1600 t/día de basura, 650 pertenecen a la zona urbana; es decir, un 40% de la basura generada cada día. Actualmente el Ecuador cuenta con el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos, PNGIDS, del Ministerio del Ambiente, este se encuentra trabajando en la temática de residuos sólidos y dentro de este, la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GRSU). Este programa surge en base a la necesidad de dar un correcto manejo de los desechos sólidos, brindando capacitación y asesoría técnica en temas referente a los procesos de licenciamiento ambiental, marco legal y a la gestión integral de residuos sólidos a 120 municipios del país, puesto que algunos municipios depositan sus residuos en rellenos sanitarios y otros lo hacen en botaderos a cielo abierto, quebradas y ríos contribuyendo a la contaminación ambiental. Es así que de una total de 31 rellenos sanitarios existentes 11 son manuales, 20 mecanizados y apenas 7 de estos disponen de Licencia Ambiental expedida por el Ministerio del Ambiente para su operación; los otros 190 municipios presentan botaderos a cielo abierto en el mejor de los casos. Algunos de los cuales cuentan con algunos proyectos MDL, pero pocos en producción y aprovechamiento de energía

PROYECTOS MDL (En Rellenos Sanitarios de Ecuador)									
CODIGO	NOMBRE DEL PROYECTO	PROPONENTE	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	METODOLOGIA	PERIODO DE ACREDITACIÓN (AÑOS)	OBSERVACIONES	REDUCCIÓN DE EMISIONES (tCO ₂)	
								ANUAL	TOTAL
0031	Recuperación del Biogás en el Relleno Sanitario de Ambato	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE AMBATO	Provincia de Tungurahua, relleno sanitario Ambato	Captación de Biogas	AMS-III.G VER. 4	7	En trámite	25975	181826
0035	Planta de Extracción y Combustión de Biogas en el Relleno Sanitario Inga I y II	GASGREEN GROUP S.R.L.	Ciudad de Quito Relleno Sanitario Inga I y II	Captación de Biogas	ACM001	7	Carta de Aprobación	207494	1452458
71	Construcción de la Planta de Captura y Utilización del Biogás del Relleno Sanitario Pichacay en la ciudad de Cuenca	EMAC	Cuenca	Captación de Biogas					

FUENTE: CMNUCC, 2012

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 METODOLOGÍAS APLICADAS A RELLENOS SANITARIOS PARA PROYECTOS MDL EN LA CMNUCC

Existen diversas metodologías aprobadas para la reducción de emisiones de gases GEI en función de carbono equivalente que se enfocan en acciones de mitigación específicas por ejemplo las descritas en el cuadro 3.1:

Cuadro 3.1 Metodologías aprobadas para la reducción de GEI.

Metodología	Aplicación
AM0002	Reducciones de emisiones de GEI a través de captura de gas de vertedero y quema.
AM0003	Análisis financiero simplificado para proyectos de captura de biogás.
AM0010	Rellenos sanitarios, captura de gas y proyectos de generación eléctrica de biogás.
AM0011	Rellenos sanitarios de recuperación de gas con la generación de electricidad y sin captura o destrucción de CH ₄ en el escenario base.

FUENTE: CMNUCC, 2012

También existen metodologías consolidadas que se basan en las metodologías aprobadas, como por ejemplo las descritas en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Metodologías consolidadas para la reducción de GEI.

Metodología	Aplicación
ACM0001	Quema o el uso de gas del Relleno Sanitario.
ACM0003	Reducción de las emisiones mediante la sustitución parcial de combustibles fósiles por combustibles alternativos o combustibles menos intensivos en carbono en el cemento o la cal viva de fabricación.

Metodología	Aplicación
ACM0006	Generación de electricidad y de calor a partir de residuos de biomasa.
ACM0018	Generación de electricidad a partir de residuos de biomasa en energía-solamente plantas.

FUENTE: CMNUCC, 2012

3.2 METODOLOGÍA CONSOLIDADA APROVADA DE LINEA BASE Y MONITOREO ACM0001

La metodología ACM0001, fue desarrollada como un documento consolidado por la CMNUCC que incorpora todas las metodologías previamente aprobadas que son pertinentes a las actividades relacionadas con los proyectos de gas de relleno sanitario, para los casos en que el escenario de línea de base sea la liberación parcial o total hacia la atmósfera de los gases del relleno sanitario. El propósito de esta metodología es determinar la cantidad de CER que se generan por un proyecto de mitigación³.

Además, está basada en el uso de emisiones reales existentes o históricas como datos, según el caso, ó emisiones de una tecnología que represente una línea de acción económicamente atractiva, teniendo en cuenta los obstáculos a la inversión.

La estructura de la metodología se da de la siguiente forma:

- Fuentes, definiciones y aplicabilidad
- Metodología para la línea base
- Metodología de monitoreo
- Referencias y otra información

3.2.1 FUENTES, DEFINICIONES Y APLICABILIDAD

ACM: Se basa en elementos de varias metodologías propuestas y se enfoca en acciones de mitigación específicas. Las metodologías que se mencionan a

³ <http://cdm.unfccc.int>

continuación, presentan las últimas fechas de actualización a cargo de la CMNUCC bajo un análisis técnico, donde se busca consolidar las normas en cada versión para que puedan ser utilizadas en proyectos de todo el mundo y su aplicabilidad sea de mejor comprensión para las dos partes que participan en un proyecto MDL.

Cuadro 3.3 Actualización de las metodologías aprobadas

Metodología	Actualización
AM0002	Julio de 2003
AM0003	Julio de 2003
AM0010	Abril de 2003
AM0011	Julio de 2003

FUENTE: CMNUCC, 2012

Esta metodología está asociada a herramientas complementarias tales como:

- Herramienta combinada para identificar el escenario de referencia y demostrar la adicionalidad.
- Herramienta para calcular las emisiones del proyecto o la fuga de CO₂ de la combustión de combustibles fósiles.
- Herramienta para cálculo de emisiones de sitios de disposición final de desechos sólidos.
- Herramienta para calcular las emisiones de línea de base, proyectos o fugas de consumo de electricidad.
- Herramienta para determinar las emisiones del proyecto de los gases que contienen CH₄ para quema.
- Herramienta para determinar el flujo másico de gas de efecto invernadero en una corriente gaseosa.
- Herramienta para determinar la eficiencia de referencia de sistemas de generación de energía térmica o eléctrica.
- Herramienta para determinar la vida útil restante de los equipos dentro del proyecto de un relleno sanitario.

3.2.1.1 APLICABILIDAD

Esta metodología es aplicable a las actividades del proyecto que comprenden:

- Instalar un nuevo sistema de captura de biogás en nuevos o sitios existentes para la disposición final.
- Realizar una inversión en un sistema de captura de biogás existente para aumentar la tasa de recuperación o cambiar el uso del biogás capturado, siempre que el biogás capturado se ventile a la atmósfera, es decir que sea quemado y no se utilice antes de la implementación de la actividad del proyecto, y cuando haya un sistema existente de captura activa de biogás para el cual la cantidad de biogás no puede ser recogida por separado del sistema del proyecto después de la aplicación de la actividad del proyecto y su eficacia no se vea afectada por el sistema del proyecto.
- Quema del biogás o utilizar el biogás capturado en cualquier (combinación) de las siguientes maneras:
 - La generación de electricidad;
 - Generación de calor en un calentador de aire de caldera, u horno (cocción de ladrillo solamente), o de fundición de vidrio en horno.
 - El suministro del biogás a los consumidores a través de una red de distribución de gas natural.
- No reducir la cantidad de residuos orgánicos que se recicla en la ausencia de la actividad del proyecto.

Además, la metodología es aplicable sólo si el procedimiento para identificar el escenario de referencia confirma que el escenario base más verosímil es el siguiente:

- Liberación de biogás a partir del relleno sanitario.
- En el caso de que el biogás se utilice en la actividad de proyecto para la generación de electricidad o la generación de calor en una caldera, calentador de aire, u horno de fusión de vidrio. Para la generación de electricidad, la electricidad se genera en la red o en cautiverio de plantas de combustibles fósiles.

- Para la generación del calor que se genera con combustibles fósiles en los equipos ubicados dentro de los límites del proyecto.

3.2.2 METODOLOGÍA DE LÍNEA BASE

3.2.2.1 LÍMITE DEL PROYECTO

El cuadro 3.4 detalla las fuentes de emisiones de GEI de acuerdo a la línea base y a la actividad del proyecto que se determinen mediante la metodología. La inclusión de cada gas en la línea base y en la actividad del proyecto depende de la metodología a utilizar, en este caso la metodología ACM0001 incluye seis gases dependiendo de la fuente de generación que en su mayoría son CO₂ y CH₄. En algunos casos la inclusión o no del gas se define en la justificación/explicación, varios de estos gases se excluyen por convención (por conservación) de la metodología o excluido por simplificación, esto debido a que la fuente de emisión es asumida como muy pequeña, en relación con la generación de otras fuentes de emisiones.

Cuadro 3.4 Resumen de los gases de efecto invernadero y las fuentes incluidas y excluidos del ámbito del proyecto

Etapa	Fuente	Gas	Incluido	Justificación / explicación
Línea Base	Emisiones por la descomposición de los residuos en el sitio de disposición	CH ₄	Si	La principal fuente de emisiones en la línea base.
		N ₂ O	No	Las emisiones de N ₂ O son pequeñas comparadas con las emisiones en el sitio de disposición de CH ₄ . Esto es conservador (por convención).
		CO ₂	No	Las emisiones de CO ₂ procedentes de la descomposición de materia orgánica de los residuos no se contabilizan ya que el CO ₂ es también liberado bajo la actividad de proyecto.
Línea Base	Emisiones por la generación de electricidad	CO ₂	Si	Importante fuente de emisión, si la generación de energía está incluida en el proyecto.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.

Línea Base	Emisiones de la generación de calor	CO ₂	Si	Importante fuente de emisión, si la generación de calor está incluida en el proyecto.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
Línea Base	Emisiones procedentes del uso del gas natural	CO ₂	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
		CH ₄	Si	Mayor fuente de emisión si el suministro de biogás a través de una red de distribución de gas natural se incluye en la actividad de proyecto.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador
Actividades del Proyecto	Emisiones procedentes del consumo de combustibles fósiles para distintos fines de la generación de electricidad o el transporte, debido a la actividad de proyecto	CO ₂	Si	Puede ser una fuente importante de emisión.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación. Esta fuente de emisión es asumida como muy pequeña.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esta fuente de emisión es asumida como muy pequeña.
	Emisiones del consumo de electricidad debido a la actividad de proyecto	CO ₂	Si	Puede ser una fuente importante de emisión.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación. Esta fuente de emisión es asumida como muy pequeña.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esta fuente de emisión es asumida como muy pequeña.

FUENTE: CMNUCC, 2012

3.2.2.2 PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DEL ESCENARIO DE LÍNEA BASE MÁS CONVINCENTE Y DEMOSTRAR LA ADICIONALIDAD

Identificar el escenario de referencia y demostrar la adicionalidad con La herramienta combinada para identificar el escenario de línea base y demostrar la adicionalidad, la actividad de un proyecto MDL es considerado adicional si las emisiones de GEI se reducen por debajo de las que ocurrirían en ausencia de la actividad del proyecto MDL en cuestión.

3.2.2.3 CALCULO DE EMISIONES DE LÍNEA BASE

Las emisiones de referencia se determinarán de acuerdo con la ecuación 3.1 y constará de las siguientes fuentes:

- Las emisiones de CH₄ procedentes de los rellenos sanitarios en la ausencia de la actividad del proyecto;
- Generación de electricidad con combustibles fósiles o la suministrada por la red en ausencia de la actividad del proyecto;
- Generación de calor utilizando combustibles fósiles en la ausencia de la actividad del proyecto, y
- De gas natural utilizado desde la red de gas natural en la ausencia de la actividad del proyecto.

$$BE_y = BECH_{4,y} + BEEC_{,y} + BEHG_{,y} + BENG_{,y} \quad (3.1)$$

Donde:

BE_y = emisiones de línea base en el año y (tCO₂e/año)

$BECH_{4, y}$ = Emisiones de línea base de CH₄ procedentes de los VRS en el año y (tCO₂e/ año)

$BEEC_{,y}$ = Emisiones de línea base relacionados con la generación de electricidad en el año y (tCO₂/año)

$BEHG_{,y}$ = Emisiones de línea base relacionados con la generación de calor en el año y (tCO₂/año)

$BENG_{,y}$ = Emisiones de línea base relacionados con el uso de gas natural en el año y (tCO₂/año)

3.2.2.4 CALCULO DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

La reducción de emisiones se calcula de la siguiente manera:

$$ER_y = BE_y - PE_y \quad (3.2)$$

Donde:

ER_y = Reducción de emisiones en el año y (tCO₂e/año)

BE_y = emisiones de línea de base en el año y ($tCO_2e/año$)

PE_y = emisiones del proyecto en el año y ($tCO_2e/año$)

3.2.2.5 PROYECTO DE ACTIVIDAD BAJO UN PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Además de los requisitos establecidos en la última versión aprobada del modelo para demostración de adicionalidad, desarrollo de criterio de elegibilidad de múltiples metodologías para programas de actividades, lo siguiente se aplicará para el uso de esta metodología en una actividad de proyecto en virtud de un programa de actividades (PoAs).

El Programa de Acción puede consistir en uno o varios tipos de actividades de programa (CPAs). Las actividades de programa (CPA) se consideran del mismo tipo si son similares con respecto a la demostración de la adicionalidad, los cálculos de reducción de emisiones y la vigilancia.

3.2.2.6 DATOS Y PARÁMETROS NO MONITOREADOS

Además de los parámetros indicados en los cuadros a continuación, las disposiciones relativas a los datos y los parámetros no controlados en las herramientas mencionadas en esta metodología se aplican.

Cuadro 3.5 Datos y Parámetros no monitoreados

Dato o Parámetro:	Descripción	
OX_{top_layer}	Unidades	Adimensional
	Descripción	Fracción de CH_4 que sería oxidado en la capa superior del Relleno Sanitario en la línea base
	Fuente del Dato	En función de cómo la oxidación se contabiliza en la herramienta metodológica. Emisiones de vertederos de desechos sólidos
	Valor que se aplicará:	0.1
$F_{CH_4, BL, x-1}$	Unidades	$tCH_4/año$
	Descripción	Cantidad histórica de CH_4 en el biogás, que es capturado y destruido en el año anterior a la ejecución de la actividad de proyecto
	Fuente del Dato	La información registrada por el operador del Relleno Sanitario
	Valor que se aplicará:	-

Dato o Parámetro:	Descripción		
GWP_{CH4}	Unidades	t CO ₂ c/t CH ₄	
	Descripción	Potencial de calentamiento global de CH ₄ .	
	Fuente del Dato	IPCC	
	Valor que se aplicará:	21 para el primer período de compromiso. Se actualizará de acuerdo a las futuras decisiones.	
NCV_{CH4}	Unidades	TJ/tCH ₄	
	Descripción	Valor calorífico neto del CH ₄ en las condiciones de referencia.	
	Fuente del Dato	Literatura Técnica	
	Valor que se aplicará:	0.0504	
EF_{CO2,BL,HG,j}	Unidades	t CO ₂ /TJ	
	Descripción	Factor de emisión de CO ₂ del tipo de combustibles fósiles utilizados para la generación de calor por el tipo de equipo j en la línea base.	
	Fuente del Dato	Tabla 1.4 del capítulo 1 del vol. 2 (Energía) de las Directrices 2006 del IPCC sobre Inventarios nacionales de GEI.	
	Valor que se aplicará:	Se utilizará el límite inferior del 95% de confianza del intervalo de los valores predeterminados.	
η_{PJ}	Unidades	Adimensional.	
	Descripción	Eficiencia del sistema de captura de biogás que se instalará en la actividad del proyecto.	
	Fuente del Dato	Referencia del sitio, bibliografía o medición.	
	Valor que se aplicará:	Especificaciones técnicas del sistema de captura de biogás para su instalación (si está disponible) o un valor predeterminado de 50%.	
fd_{CH4,HG,j,default}	Unidades	Adimensional	
	Descripción	Valor predeterminado para la fracción de CH ₄ destruido cuando se utiliza para la generación de calor equipo tipo j.	
	Fuente del Dato	Los valores de las calderas y los calentadores de aire se basan en los valores por defecto establecidos en las Directrices 2006 del IPCC (método de Nivel 3 del capítulo 2: Combustión estacionaria del Volumen 2: Uso de la Energía). El valor de los hornos de ladrillos intermitentes se basa en la suposición de que las temperaturas de combustión en el horno se exceda 600 ° C y que el tiempo de exposición es suficientemente largo para apoyar 90% de combustión.	
	Valor que se aplicará:	Seleccionar el factor apropiado	
		Fracción de CH₄ destruido	Tipo de Equipo j
		1	Calderas
1		Calentadores de aire	
1	Horno de fusión de vidrio		
0.9	Horno de ladrillos intermitente		

FUENTE: CMNUCC, 2012

3.2.3 METODOLOGÍA DE MONITOREO

3.2.3.1 DATOS Y PARÁMETROS MONITOREADOS

Además de los parámetros indicados en los cuadros a continuación, también se aplican las disposiciones relativas a los datos y los parámetros no controlados en las herramientas mencionadas en esta metodología.

Cuadro 3.6 Datos y Parámetro Monitoreados

Dato o Parámetro:	Descripción	
$F_{CH_4, BL, R, y}$	Unidades	tCH ₄ / año
	Descripción	La cantidad de CH ₄ en el biogás que se quema debido a un requerimiento en el año y
	Procedimientos de medición (si procede):	
	Frecuencia de Monitoreo	Anual
	Procedimiento QA/QC	
f_y	Unidades	Adimensional
	Descripción	Fracción de biogás que se requiere para ser quemado debido a un requerimiento en el año y
	Fuente del Dato	Información del país receptor, los requisitos reglamentarios relacionados con el biogás, los requisitos contractuales, o los requisitos para hacer frente a la seguridad y el olor de biogás que se requiere para ser quemado debido a un requerimiento en el año y .
	Procedimientos de medición (si procede):	
	Frecuencia de Monitoreo	Anual
	Procedimiento QA/QC	
$NCV_{LFG, NG, y}$	Unidades	TJ/Nm ³
	Descripción	Poder calorífico inferior del biogás actualizado enviado a la red de gas natural debido a la actividad del proyecto en el año y
	Fuente del Dato	Participantes del proyecto
	Procedimientos de medición (si procede):	Medido directamente usando un medidor de valor de calentamiento en línea de la corriente de gas. La medición debe ser en base a volumen y se ajustó a las condiciones de referencia.
	Frecuencia de Monitoreo	Continua

Dato o Parámetro:	Descripción	
	Procedimiento QA/QC	Los medidores de flujo deberán ser objeto de un mantenimiento regular y un régimen de pruebas para asegurar la exactitud. La calibración debe ser de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
LFG _{NG,y}	Unidades	Nm ³ /año
	Descripción	La cantidad de biogás actualizado enviado a la red de gas natural debido a la actividad del proyecto en el año y .
	Procedimientos de medición (si procede):	Medido por un medidor de flujo y ajustado a las condiciones de referencia. Los datos se agregan mensual y anualmente.
	Frecuencia de Monitoreo	Continua (valor medio en un intervalo de tiempo no mayor que una hora, se usa en los cálculos de reducción de emisiones).
	Procedimiento QA/QC	Los medidores de flujo deberán ser objeto de un mantenimiento regular y un régimen de pruebas para asegurar la exactitud. La calibración debe ser de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
η _{HG,PJ,y}	Unidades	Adimensional
	Descripción	La eficiencia de los equipos de generación de calor utilizados en la actividad del proyecto en el año y
	Fuente del Dato	Utilice una de las siguientes opciones para determinar la eficiencia:
		• Medida de eficiencia durante el seguimiento;
		• Fabricantes, información sobre la eficiencia, o • Utilice un valor predeterminado de 60%
	Procedimientos de medición (si procede):	Si las mediciones se llevan a cabo, utilizando reconocidos estándares para la medición de la eficiencia del generador de calor, tales como el Método Estándar Británico.
		Evaluar el rendimiento térmico de calderas de vapor, agua caliente y transferencia de calor de fluidos de alta temperatura (BS845). Siempre que sea posible, utilice preferentemente el método directo (dividiendo la generación neta de calor por el contenido energético de los combustibles despididos durante un período de tiempo representativo), ya que es más capaz de reflejar la eficiencia promedio durante un período de tiempo representativo en comparación con el método indirecto (determinación de suministro de combustible o la generación de calor y la estimación de las pérdidas). Documentar los procedimientos de medición y los resultados y la información del fabricante de forma transparente en el DP-MDL.
Frecuencia de Monitoreo	Anual	
Procedimiento QA/QC	-	
Q _{O2,kiln,h}	Unidades	Volumen de O ₂ / Volumen del flujo de gas de escape.

Dato o Parámetro:	Descripción	
	Descripción	Fracción promedio volumétrica de oxígeno en el flujo de gas de escape del horno en la hora <i>h</i> .
	Procedimientos de medición (si procede):	Controlar el contenido de oxígeno en el gas de escape del horno, utilizando un analizador continuo.
	Frecuencia de Monitoreo	Continuamente y las lecturas promedio por hora.
	Procedimiento QA/QC	El equipo debe ser mantenido y calibrado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
Operación de la planta de energía	Unidades	Horas
	Descripción	Operación de la planta de energía
	Fuente del Dato	Participantes del proyecto
	Procedimientos de medición (si procede):	-
	Frecuencia de Monitoreo	Cada hora
	Procedimiento QA/QC	-
Operación de la planta generadora de calor	Unidades	Horas
	Descripción	Operación de la planta generadora de calor
	Fuente del Dato	Participantes del proyecto
	Procedimientos de medición (si procede):	Horas de operación se determinarán para cada elemento del equipo.
	Frecuencia de Monitoreo	Cada hora
	Procedimiento QA/QC	-

FUENTE: CMNUCC, 2012

3.3 USO DE LA METODOLOGÍA EN OTROS PROYECTOS DEL ECUADOR.

3.3.1 PROYECTO DE GAS DEL VERTEDERO DE ZÁMBIZA, QUITO

El relleno de Zámbez se encuentra en una región suburbana noroeste de Quito. Desde el año 1979 un total de aproximadamente 5 millones de toneladas de residuos municipales generados, básicamente, de los hogares de Quito fueron depositados en este sitio. Entre 1995 y 2002 la carga anual de residuos asciende a 320.000 a 360.000 t.

Fue cerrado a finales de 2002, permanece sin instalaciones para la protección del medio ambiente por detrás, como la captura de CH₄, control de fugas, etc.

El Proyecto de Zámbriza aporta el capital de fuentes extranjeras en el país. También se prevé que el proyecto va a crear un mejor ambiente para las futuras inversiones de otros proyectos de naturaleza similar.

El proyecto tiene potencial para reducir los gases de efecto invernadero en 777,000 tCO₂e, en 10 años de proyecto, considerando como terminando en febrero de 2016.

3.3.2 PLANTA DE EXTRACCIÓN Y COMBUSTIÓN DE BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO INGA I Y II

El Relleno Sanitario de "El Inga Bajo" está ubicado a 45 km y en su operación se distinguen dos Etapas:

- A partir de enero del 2003 hasta mayo del 2007, operó en una extensión aproximada de 13 Ha, y dejó pasivos ambientales, piscinas llenas de lixiviados.
- La segunda Etapa empezó en junio del 2007 por un período de 15 años a cargo de una Fundación privada, en un área de 46 ha, y se dispondrá un total de 9, 677,128.5 t, sin el sistema de tratamiento de lixiviados.

Actualmente, el relleno sanitario cuenta con alrededor de 150 pozos de ventilación para proporcionar un sistema de ventilación pasiva, pero no la extracción del biogás o del sistema de combustión que se aplique. El biogás producido por los residuos del relleno sanitario se emite a la atmósfera, sin someterse a ningún proceso. El proyecto consiste en la realización de una extracción de biogás y de la combustión del biogás producido por los residuos recogidos en el relleno sanitario.

El proponente del proyecto es GASGREEN GROUP S.R.L. el proyecto en cuestión para el Relleno Sanitario Inga I y II consiste en la Captación de Biogás para un periodo de acreditación de 7 años, el proyecto está en carta de aprobación. El proyecto de relleno sanitario Inga I y II promete aspectos importantes por motivo de un manejo eficiente de los desechos sólidos y generar energía a partir de un

tratamiento adecuado de éstos, lo que generaría la reducción de 207 mil toneladas de CO₂ en su primer año de funcionamiento. La meta del Inga I y II es la reducción de 4,4 millones de toneladas de CO₂. Obtiene cerca de USD 57 millones en un periodo de 21 años de adjudicación

3.4 ALCANCE DE LA METODOLOGÍA PARA EL CASO DE ESTUDIO

La actividad del proyecto consiste en la reducción de la emisión de gases de relleno sanitario mediante la captura e incineración del biogás generado en el Relleno Sanitario del cantón Mejía, para ello se utilizará la metodología ACM0001 versión 13, “Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0001”, uso del gas del relleno sanitario para ser quemado (Versión 13.0.0).

Esta metodología se aplica a “actividades de proyecto sobre captación de gas de relleno sanitario donde el escenario de línea de base es la liberación total o parcial del gas a la atmósfera y actividades de proyecto que incluyen situaciones tales como la quema del gas captado”. Para la actividad de proyecto propuesta, el escenario de línea base es la liberación parcial del gas hacia la atmósfera y la actividad de proyecto es la combustión/destrucción del biogás captado; por lo tanto la metodología ACM0001 se aplica a la actividad del proyecto.

Con esta metodología se estimará teóricamente el CH₄ producido por la descomposición de los desechos sólidos en el relleno mediante la herramienta “Emisiones de sitios de disposición final de desechos sólidos”. El cálculo de la cantidad de CH₄ generado por la eliminación de residuos en el relleno sanitario se hace sobre la base de un modelo de descomposición de primer orden. El modelo distingue entre los diferentes tipos de residuos j con los respectivos índices de decaimiento constante (k_j) y las fracciones de carbono orgánico degradable (DOC_j).

3.4.1 LÍMITE DEL PROYECTO

El límite geográfico del proyecto en relación con la metodología de línea base está trazado por el área que ocupa el relleno sanitario del cantón Mejía. El límite del proyecto en relación con la actividad del proyecto estará representado por la misma

área e incluirá las instalaciones de extracción y combustión de gas, que es donde se transforman los gases procedentes del relleno.

Cuadro 3.7 Línea base definitiva adoptada para el proyecto de investigación en función del Cuadro 3.4

Etapa	Fuente	Gas	Incluido	Justificación / explicación
Línea Base	Emisiones por la descomposición de los residuos en el sitio de disposición	CH ₄	Si	La principal fuente de emisiones en la línea base.
		N ₂ O	No	Las emisiones de N ₂ O son pequeñas comparadas con las emisiones en el sitio de disposición de CH ₄ . Esto es conservador (por convención).
		CO ₂	No	Las emisiones de CO ₂ procedentes de la descomposición de materia orgánica de los residuos no se contabilizan ya que el CO ₂ es también liberado bajo la actividad de proyecto.
Línea Base	Emisiones de la generación de calor	CO ₂	Si	Importante fuente de emisión, si la generación de calor está incluida en el proyecto.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
Línea Base	Emisiones procedentes del uso del gas natural	CO ₂	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
		CH ₄	SI	Mayor fuente de emisión si el suministro de biogás a través de una red de distribución de gas natural se incluye en la actividad de proyecto.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esto es conservador.
Línea Base	Emisiones del consumo de electricidad debido a la actividad de proyecto	CO ₂	Si	Puede ser una fuente importante de emisión.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación. Esta fuente de emisión es asumida como muy pequeña.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación. Esta fuente de emisión es asumida como muy pequeña.

FUENTE: CMNUCC 2012

3.4.2 VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS

No se estimará la vida útil restante de los equipos ya que este procedimiento se aplica si el biogás se utiliza en el equipo que estaba en funcionamiento antes de la implementación de la actividad del proyecto.

3.4.3 ESTIMACIONES

El relleno sanitario del cantón Mejía actualmente cuenta con un sistema parcial de recuperación y quema de gas de relleno sanitario. Por lo tanto, la línea de base del proyecto es la liberación parcial no controlada de gas del relleno sanitario hacia la atmósfera.

La reducción en la emisión de gases de efecto invernadero lograda gracias a la actividad del proyecto durante un periodo dado es la diferencia entre el volumen de CH₄ realmente destruido o quemado y el volumen de CH₄ que se hubiera destruido o quemado en ausencia de la actividad del proyecto, multiplicado por el potencial de calentamiento global del CH₄. Para este proyecto, la línea de base es la liberación parcial de gas del relleno sanitario hacia la atmósfera.

3.4.4 FUGAS

La metodología ACM0001 no estipula la consideración de los efectos producidos por las fugas por lo que estas no son tomadas en cuenta para el desarrollo de la investigación en el relleno sanitario del cantón Mejía.

3.4.5 EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AL CASO DE ESTUDIO

Para la aplicación de esta metodología en el caso de estudio se usará la “Herramienta combinada para identificar el escenario de referencia y demostrar la adicionalidad”, y la “Herramienta para determinar las emisiones del proyecto de los gases que contienen CH₄ para quema”, con el fin de estimar una línea base de emisiones y estimar el beneficio de la implementación de la actividad como proyecto

MDL, tanto en términos de reducción y cálculo de emisiones como en la estimación de CER así también en términos de beneficios económicos por dicha actividad.

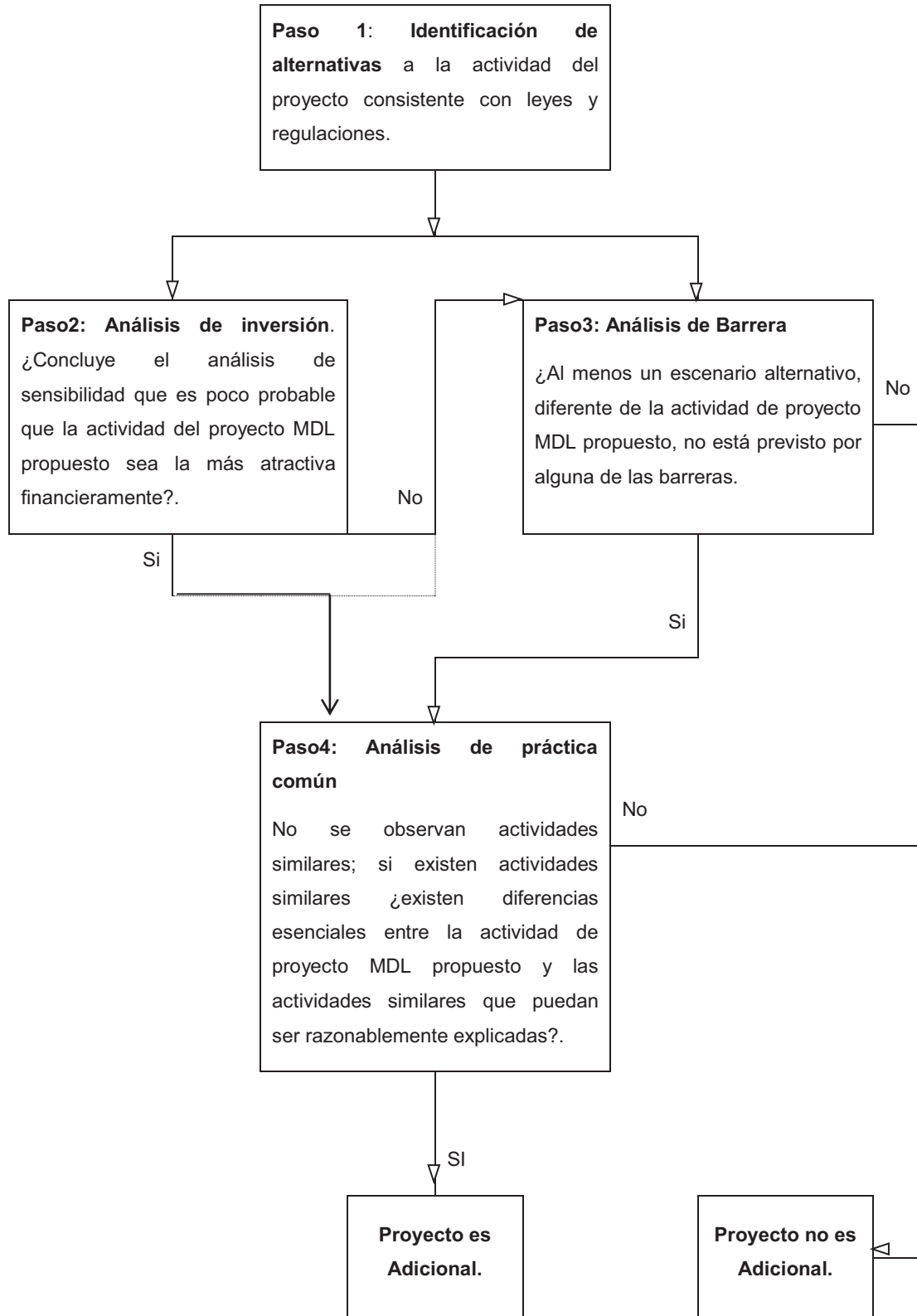
Dentro del caso de estudio la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero lograda gracias a la actividad del proyecto durante un período dado es la diferencia entre el volumen de CH_4 realmente destruido/quemado y el volumen de CH_4 que se hubiera destruido/quemado en ausencia de la actividad de proyecto, multiplicado por el PCA del CH_4 . Es decir la estimación de posibles emisiones que se generarían si el proyecto no se realiza como un proyecto MDL. Por ello se establecerá en primer lugar la línea base del proyecto.

Para la estimación de la línea base se incluirá sólo el CH_4 debido a que es la principal fuente de emisiones en la línea base; las emisiones de otros gases como, N_2O o CO_2 , no se tomarán en cuenta.

Antes de estimar las emisiones de línea base se debe demostrar la adicionalidad, identificando posibles alternativas y demostrando la relevancia, económica y ambiental, que la actividad del proyecto sea inscrita como proyecto MDL. Para ello se sigue los siguientes pasos mostrados en la figura 3.1, donde primero se identifican las alternativas, luego se realiza un análisis de inversión ya que deben ser atractivas financieramente; a su vez se hace un análisis de barrera en caso de no ser atractiva o directamente. El último paso es el análisis de práctica común para establecer diferenciaciones que puedan ser razonablemente explicadas entre la línea base y el proyecto, con este último paso se define si el proyecto aplica como adicional o no.

Una vez demostrada la adicionalidad se procede al cálculo de CER, estimando las emisiones de línea base y la reducción de dichas emisiones con la implementación de la actividad del proyecto. Esto está detallado en el siguiente capítulo donde se aplica la metodología para el establecimiento de la línea base y el cálculo de CER.

Figura 3.1 Lineamientos para determinar la adicionalidad del proyecto



CAPÍTULO 4

VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACM0001 EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MEJÍA

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LÍNEA BASE

4.1.1 ANÁLISIS DE LÍNEA BASE

El cantón Mejía está ubicado al sur este de la provincia de Pichincha, su altitud está entre 600 y 4.750 m.s.n.m. Tiene una superficie aproximada de 1.459 km², con un área urbana consolidada de 25,63 km². De acuerdo al último censo de población realizado por el INEC en el año 2010, la población del cantón Mejía es de 81.335 habitantes⁴.

Respecto a la gestión actual de los desechos sólidos, actualmente el Ilustre Municipio del cantón Mejía con el apoyo del gobierno de Japón, está llevando a efecto la primera etapa del proyecto “Centro de Reciclaje y Compostaje del Catón Mejía”, con los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Machachi.

La operación del relleno sanitario se efectúa mediante la disposición, compactación y cobertura de residuos sólidos, en celdas que cumplen los estándares de diseño, adecuadas para la recolección del biogás producto de la descomposición del material depositado. La figura 4.1 muestra el flujo del proceso de operación en un relleno sanitario.

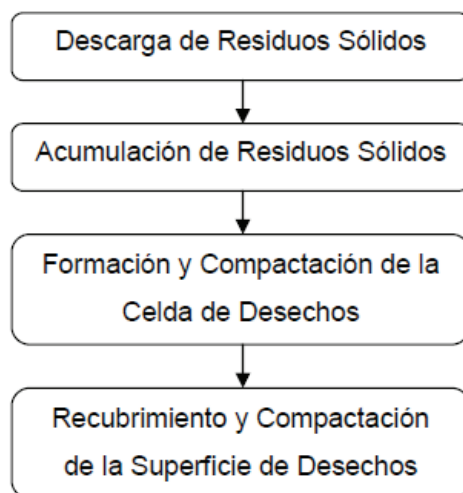
Las regulaciones existentes, aunque disponen del manejo de gases procedentes de los rellenos, no obligan a los rellenos a implementar un programa de control y estimación de emisiones de GRS y su reducción.

El relleno sanitario bajo análisis actualmente cuenta con un sistema de recuperación parcial y quema de gas del relleno sanitario, pero sin ningún tipo de cálculo de

⁴ <http://redatam.inec.gob.ec>

emisiones. Por lo tanto, la línea de base del proyecto es la liberación no controlada de gas de relleno sanitario hacia la atmósfera.

Figura 4.1 Proceso de operación del Relleno Sanitario



FUENTE: Municipio del Cantón Mejía, 2012

La reducción en la emisión de gases de efecto invernadero es lograda gracias a la actividad del proyecto durante un período dado es la diferencia entre el volumen de CH₄ realmente destruido o quemado y el volumen de CH₄ que se hubiera destruido o quemado en ausencia de la actividad del proyecto, multiplicado por el PCA del CH₄. Es decir la estimación de posibles emisiones que se generarían si el proyecto no se realiza bajo los patrones de un MDL.

Cuadro 4.1 Descripción de las fuentes y gases incluidos en el ámbito de este proyecto.

	Fuente	Gas	Incluido	Justificación / Explicación
Línea Base	Emisiones por la descomposición de los residuos en el sitio de disposición.	CH ₄	Si	La principal fuente de emisiones en la línea base.
		N ₂ O	No	Las emisiones de N ₂ O son pequeñas comparadas con las emisiones en el sitio de disposición de CH ₄ . Esto es conservador.
		CO ₂	No	Las emisiones de CO ₂ procedentes de la

	Fuente	Gas	Incluido	Justificación / Explicación
				descomposición de materia orgánica de los residuos no se contabilizan ya que el CO2 es también liberado bajo la actividad de proyecto.

FUENTE: CMNUCC, 2012

Para poder definir la línea base es necesario demostrar la adicionalidad, con lo cual se pueden identificar los escenarios más plausibles y demostrar sus condiciones. La adicionalidad es un concepto estrechamente relacionado con la línea base.

Con el fin de estimar las emisiones de línea base se usará la “Herramienta para cálculo de emisiones en sitios de disposición final de desechos sólidos”.

4.2 IDENTIFICACION DE ESCENARIOS

4.2.1 ADICIONALIDAD

Para poder definir la línea base del proyecto utilizando la metodología ACM0001, esta demanda el empleo de "Herramienta para la demostración y evaluación de la adicionalidad", con el fin de probar y analizar la adicionalidad por medio de un procedimiento que consta de los siguientes pasos:

- Identificación de alternativas a la actividad del proyecto;
- Análisis de inversiones, para determinar si la actividad del proyecto propuesto no es la más atractiva desde el punto de vista económico o financiero (en ausencia del incentivo que representa el MDL);
- Análisis de barreras;
- Análisis de las prácticas comunes; e
- Impacto de la inscripción de la actividad del proyecto propuesto como actividad de proyecto MDL.

4.2.1.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este paso se identifican todas las posibles alternativas que se podrían implementar en el sitio, donde se han identificado las siguientes:

- Opción 1.- Ninguna clase de proyecto de recuperación ni reducción de gas del relleno sanitario es implementado.
- Opción 2.- Recolección y quema de CH₄, como una actividad de proyecto no MDL. Para lo cual necesitaría la implementación de un sistema de captación y quema de gas. El sistema de captación está formado por chimeneas que recogen el gas acumulado en el relleno, que funcionarán como pozos verticales de extracción de gas de venteo pasivo. El sistema de gas se estará conformado por antorchas donde se incinerará el biogás.
- Opción 3.- Implementar un proyecto de recolección y quema de CH₄ como un proyecto MDL. Para lo cual necesitaría la implementación de un sistema de captación y quema de gas. El sistema de captación está formado por chimeneas que recogen el gas acumulado en el relleno, que funcionarán como pozos verticales de extracción de gas de venteo pasivo. El sistema de gas estaría formado por antorchas para la incineración del biogás. Además de la estimación de producción y destrucción de CH₄ en el biogás, determinación de línea base y adicionalidad.
- Opción 4.- Generación de electricidad a partir del CH₄ presente en el gas del relleno sanitario extraído. Para lo cual se necesita la implementación de un sistema de captación, un sistema de aspiración y conducción, un sistema de control y tratamiento, un sistema de generación eléctrica y un sistema de incineración.

4.2.1.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN

El objetivo de este paso es determinar si la actividad del proyecto propuesto no es la más atractiva en términos financieros o económicos. En esta parte de la metodología no se realizará un análisis completo de costo beneficio, sino más bien un análisis simple de costos, para determinar cuál de las alternativas anteriormente mencionadas sería la más atractiva dentro del contexto y la inversión estimada para cada actividad.

Para la opción 1 no se requiere ninguna inversión y no se percibe ningún beneficio económico. Por lo que es únicamente económicamente viable.

Para la opción 2 la actividad del proyecto implica la implementación de un sistema de captación y quema de gases del relleno sanitario. Esto implica inversión de capital para todo el equipo, maquinaria, instalación y mantenimiento. Pero no se recibe ningún incentivo económico. No es atractiva, ni viable, la propuesta económicamente hablando.

Para la opción 3 la actividad del proyecto implica la implementación de un sistema de captación y quema de gases de relleno sanitario. Esto implica inversión de capital para todo el equipo, maquinaria, instalación y mantenimiento. Sin embargo no genera beneficios económicos aparte de los del proyecto MDL. No es atractiva económicamente, sin embargo podría ser viable al ser un proyecto MDL.

Para opción 4 la actividad del proyecto implica la implementación de un sistema de captación, un sistema de succión e impulsión y un sistema de tratamiento que comprende un sistema de generación de energía eléctrica y un sistema de incineración. Esta opción tiene la capacidad de generar beneficios económicos o financieros por el aprovechamiento de la energía contenida en el gas además de la utilidad generada por la reducción de emisiones con el MDL.

4.2.1.3 ANÁLISIS DE BARRERAS

El objetivo de este paso es identificar si la actividad del proyecto propuesto enfrenta barreras que:

- Limiten la implementación del proyecto en ausencia del incentivo por ser proyecto MDL; y
- No impidan la implementación de al menos una de las alternativas identificadas.

Barreras de Inversión

De acuerdo a las observaciones mostradas en el análisis de inversión se puede concluir lo siguiente:

La opción 1 no necesita inversión.

La opción 2 necesita inversión pero no recibe ningún beneficio económico. El GAD del cantón Mejía tendría que realizar toda la inversión.

La opción 3 necesita inversión pero puede recibir beneficio económico porque se acreditaría como un proyecto MDL.

La opción 4 necesita mayor inversión, pero podría recibir un mayor beneficio económico por la utilización del gas como energía controlada.

Barreras tecnológicas

En la actualidad en Ecuador existen pocas experiencias sobre manejo de emisiones procedentes de rellenos sanitarios. La realidad muestra poco interés de los rellenos sanitarios para formar parte de proyectos MDL, lo cual limita el conocimiento técnico necesario para la implementación de proyectos que tengan la capacidad de manejar dichas emisiones.

Barreras de legislación y regulación aplicable

La legislación nacional y sectorial establece el requisito legal con respecto a la actividad del proyecto, captación y quema de biogás emitido en los rellenos sanitarios.

En Ecuador no existe algún requerimiento legal que obligue al operador del relleno sanitario a implementar un sistema o metodología de estimación o medición de emisiones procedentes del relleno. El ministerio del ambiente estipula en la Norma de Calidad Ambiental para El Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos (TULSMA, libro VI, anexo 6), establece que el manejo de gases se “realizará mediante el uso de chimeneas y su combustión se hará mediante un quemador o mechero encendido para quemar el gas que sale de las chimeneas”. Es decir, que no se manifiesta puntualmente, de cómo se deben instalar las chimeneas ni qué tipo de chimeneas o quemadores se deben utilizar, ya que la eficiencia de cada quemador varía.

4.2.1.4 ANALISIS DE PRÁCTICAS COMUNES

En Ecuador el manejo de gases de rellenos sanitarios ha sido escaso, en la mayoría de rellenos sanitarios del país el manejo de gases es casi nulo o no cuantificado, desconociendo así el impacto de las emisiones de dichos gases, sin embargo se han tenido pocas experiencias referentes a esto, en la CMNUCC únicamente se

encuentran registrados dos proyectos de rellenos sanitarios procedentes del cantón Quito, el primero es del viejo botadero controlado ubicado en Zámbriza que se registró en el año 2007, y el segundo es el actual relleno de El Inga donde se registraron las fases I y II en el 2011, los proyectos en primera instancia plantean el escenario de quema de gas, ya que es más complejo la instalación de un sistema de aprovechamiento de energía. Sin embargo, los dos proyectos están abiertos a esta opción en el futuro ya sea mediante el manejo de una empresa privada que esté interesada o para propio aprovechamiento del relleno que estaría a cargo del municipio⁵.

4.2.1.5 IMPACTO DE LA INSCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO PROPUESTO COMO ACTIVIDAD DE PROYECTO MDL

El registro de la actividad de proyecto permitirá el financiamiento de la implementación del sistema de recolección y quema del biogás como se demostró anteriormente el proyecto no genera ingresos económicos, consecuentemente la venta de CER permitirá financiar la implementación de la actividad del proyecto. El Cuadro 4.2 resume las alternativas del proyecto, junto con sus beneficios e impactos.

Cuadro 4.2 Resumen de las alternativas a la actividad del proyecto y sus impactos

Alternativas a la actividad del proyecto	Probabilidad del escenario	Beneficios/Impacto
No se implementa ninguna clase de proyecto de recuperación ni reducción del gas de relleno sanitario.	No es probable: existen regulaciones que impongan la captación y destrucción del gas de relleno sanitario, como el manejo de gases.	Existe impacto ambiental.
Se encara el proyecto, recolección y quema de gas CH ₄ , como una actividad de proyecto no MDL.	Es probable: la actividad de proyecto requiere financiación, tanto para construir las instalaciones necesarias como para operarlas en forma continua. Esto implicaría una mayor inversión por parte del gobierno autónomo encargado del proyecto en cuestión, inversión que no sería reembolsable.	Se reduce el impacto ambiental, no se percibe beneficio económico.

⁵ <http://cdm.unfccc.int>

Alternativas a la actividad del proyecto	Probabilidad del escenario	Beneficios/Impacto
Se implementa un proyecto de recolección y quema de CH ₄ como un proyecto MDL.	Es el escenario más probable: cumple con las regulaciones sobre el manejo de gases de relleno sanitario. Por otra parte, la inversión sería reembolsada con la venta de los bonos de carbono.	Se reduce el impacto ambiental, y se percibe beneficio económico.
Generación de electricidad a partir del CH ₄ presente en el gas de relleno sanitario extraído.	No es probable: la actividad de proyecto requiere financiación, tanto para construir las instalaciones necesarias como para operarlas en forma continua. No hay fuentes conocidas o disponibles de financiación para respaldar este proyecto, ni hay requisitos regulatorios conocidos o propuestos que impongan un control a las emisiones. La actividad de proyecto no se iniciará si ésta no se inscribe como proyecto MDL.	Se reduce el impacto ambiental, y se percibe beneficio económico.

FUENTE: CMNUCC, 2012

De acuerdo al resumen de alternativas presentado en el Cuadro 4.2 se puede ver que la opción más viable es la implementación de un proyecto para la recolección y quema de CH₄ como un proyecto MDL. El objetivo principal de esta investigación es validar el uso de la metodología ACM0001 para proponer proyectos MDL en rellenos sanitarios, lo cual se logra con la estimación cuantitativa de CER y a su vez plantear los escenarios sobre los cuales se pueda desarrollar el proyecto. Inicialmente se escogió al proyecto de captura y aprovechamiento de los gases generados en el relleno para la generación de energía. En base a este objetivo se ha desarrollado la investigación hasta el momento de analizar la adicionalidad y probabilidad de implementación de las opciones mostradas en la identificación de alternativas donde la posibilidad de desarrollar un proyecto de aprovechamiento de energía se ve limitada por los siguientes aspectos.

Aspecto Económico

La barrera económica es decisiva al momento de escoger la alternativa de generación de energía eléctrica, la inversión necesaria es mucho mayor que la

opción de captura y quema puesto que se necesita la implementación de una red de distribución por tubería que lleguen a una planta diseñada para el aprovechamiento de los gases, cabe considerar que el tonelaje del relleno es muy reducido y para la inversión de este proyecto se necesita trabajar con un flujo de gas constante e importante para su aprovechamiento, tomando como referencia un proyecto similar que se realiza en el relleno sanitario del Inga, según el informe del proyecto MDL de extracción y planta de combustión se requiere de 3,500,000 USD (solidos, 2010) para la construcción y operación de la planta, si se compara con este proyecto que cuenta con aproximadamente el 10% del tonelaje almacenado por una de las fases del Inga (Inga II) hasta el año 2021, la relación de residuos es mucho menor y por lo tanto la producción de gas también es menor, haciendo una relación de costos se necesitaría una inversión de 350,000 USD para implantar una planta con la capacidad de almacenar, distribuir y aprovechar el biogás para generar electricidad.

Aspecto Técnico

Hay que analizar la viabilidad técnica para implantar el diseño de generación de electricidad, el primer limitante es la capacidad de residuos almacenados, al principio del funcionamiento los residuos almacenados son muy reducidos, además que es necesario tener las condiciones biológicas, climáticas y un periodo de tiempo para poder aprovechar el gas de los residuos, si se revisa los diseños realizados por el Municipio del cantón Mejía, el tonelaje estimado almacenado en el primer año (2011) es de apenas 17,000 t de residuos, mientras que en el Inga se almacenan en el primer año 186,000 toneladas, de igual manera el tonelaje anual del relleno del cantón Mejía es de 40,000 t/día mientras que el Inga es de 150,000 t/día, por lo cual se tendría que esperar 10 años para poder alcanzar la producción de gas que permita un aprovechamiento importante para la generación de residuos.

Los equipos que generalmente se necesitan para la producción de energía en un relleno son:

- Pozos perforados por rotación
- Cabezal de pozo
- Red de transporte de biogás

- Sistema de separación y recogida de condensados
- Estaciones de regulación
- Instalación de aspiración
- Instalación de combustión controlada
- Sistema de control y mando

Claramente se diferencia que la inversión es mucho mayor puesto que se requiere una mayor tecnología y equipos para capturar y transformar al CH_4 en energía eléctrica, mientras que si se elige la opción 3 que es un proyecto MDL únicamente con la quema y captura del gas mediante el uso de antorchas la inversión disminuye considerablemente como se verá más adelante cuando se analice los beneficios económicos del proyecto.

Es por estas razones que se decidió realizar la propuesta del aprovechamiento de los CER utilizando la metodología ACM0001, únicamente para la quema y captura de gas con antorchas, reconociendo los beneficios y reducción de impactos ambientales, dejando a un lado la opción de generación de energía.

4.3 CÁLCULO DE CER

4.3.1 HERRAMIENTA PARA CÁLCULO DE EMISIONES DESDE UN RELLENO SANITARIO

La herramienta que permitirá realizar la estimación de emisiones de CH_4 a partir del almacenamiento de los residuos sólidos municipales en el relleno sanitario del cantón Mejía, es un modelo que fue desarrollado por la CMNUCC basada en una ecuación de primer orden con una tasa de decaimiento, que representa la transformación del gas CH_4 a partir de la degradación de los diferentes tipos de desechos que son enterrados en el sitio de disposición final⁶.

Este modelo calcula la generación de CH_4 producida durante un periodo, en donde se toma la unidad de medida de tiempo en años. Los flujos se estiman en el sitio de disposición final en donde se almacenan los desechos sólidos, La cantidad de CH_4 que se calcula se basa en un modelo, donde se caracteriza los diferentes tipos de

⁶ <http://cdm.unfccc.int>

desechos y se determina un valor para cada constante de la tasa de decaimiento (k_j) y las fracciones de carbón orgánico degradable (DOC_j). Para los casos donde se produzca la quema, combustión o aprovechamiento del CH_4 generado en el proyecto, como es el caso de esta investigación, se establece una fracción de CH_4 capturado (f_y) que permite ajustar el cálculo de las emisiones generadas en el relleno.

Es necesario definir en primer lugar bajo qué condiciones se aplicará la metodología del modelo, existen dos tipos de aplicaciones, la primera se centra en un proyecto MDL que busque la mitigación de las emisiones de CH_4 desde un relleno sanitario. El segundo caso de aplicación se concentra en un proyecto MDL que evite la generación de emisiones a través de la disminución de desechos enterrados en el relleno. Es decir, buscar el menor tonelaje posible acumulado en el relleno para obtener un menor flujo de generación de CH_4 . Para el presente caso de estudio se empleará la primera aplicación.

La ecuación base para el cálculo de emisiones y fundamentada en la metodología ACM0001, es la ecuación 4.1, utilizada para calcular la línea base de emisiones del relleno y cuyos resultados se presentarán más adelante. Para su uso debe especificar el número de años con los que se realizarán las estimaciones y donde el punto de partida es el primer año desde el cual el sitio de disposición final empezó a recibir los residuos.

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \varphi_y \cdot (1 - f_y) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1 - OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_{f,y} \cdot MCF_y \cdot \sum_{x=1}^y W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-k_j \cdot y-x} \cdot (1 - e^{-k_j}) \quad (4.1)$$

Donde:

$BE_{CH_4,SWDS,y}$ = Emisiones de CH_4 representadas como una línea base.

$PE_{CH_4,SWDS,y}$ = Emisiones de CH_4 obtenidas a partir de la implantación del proyecto.

x = Años en el periodo de tiempo que se han dispuesto los desechos en el relleno desde el primer año ($x=1$) hasta el año y ($x=y$)

y = Año hasta el cual se realizará el periodo de acreditación del proyecto MDL.

$DOC_{f,y}$ = Fracción de carbón orgánico degradable (DOC) que se descompone de acuerdo a las condiciones específicas del sitio de disposición.

$W_{j,x}$ = Cantidad de residuos sólidos según el tipo j dispuestos en el relleno sanitario l en el año x .

φ_y = Factor de corrección del modelo que ajusta las incertidumbres de la metodología.

f_y = Fracción de CH_4 que es capturada, que es quemada, combustionada o utilizada de alguna manera que prevenga la emisión de CH_4 a la atmósfera.

GWP_{CH_4} = Potencial de calentamiento global del CH_4 .

OX = Factor de oxidación (fracción de CH_4 oxidada en el suelo o en el material que cubre los desechos).

F = Fracción de CH_4 contenida en el gas emitido por los desechos del relleno sanitario.

MCF_y = Factor de corrección de CH_4 para el año y .

DOC_j = Fracción de carbón orgánico degradable contenida en el tipo de desecho j .

k_j = Tasa de decaimiento de acuerdo al tipo de desecho j (1/año).

j = Tipo de desecho sólido municipal.

La ecuación 4.1 es aplicable exactamente igual para estimar las emisiones con la implantación del proyecto en el sitio de disposición de desechos, con estos dos resultados se puede estimar realmente cual es la reducción de emisiones hacia la atmósfera generada por la implantación del proyecto en el relleno, el cual se trata de realizar la quema directa del gas mediante chimeneas que permitan transformar parte del CH_4 contenido en los gases del relleno en otros GEI con menor PCG.

De acuerdo a la ecuación 4.1, el primer parámetro a determinar es el factor de corrección del modelo que ajusta las incertidumbres de la metodología (φ_y). De acuerdo a la metodología es posible utilizar un valor adimensional por defecto que

oscila entre 0.75 y 0.80 para estimaciones en la línea base en función de condiciones de humedad y climatología, mientras que para la viabilidad de un proyecto de aprovechamiento de CH₄ o fuga de gases se utilizará un valor de 1.

En el caso específico del relleno del cantón Mejía, se procederá a calcular el factor de corrección del modelo con la siguiente ecuación:

$$\varphi_y = \frac{1}{(1+V_y)} \quad (4.2)$$

Donde:

V_y = El total de incertidumbre procedente de la determinación de la generación de CH₄ en el año y .

$$V_y = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + g^2} \quad (4.3)$$

Los parámetros definidos en la ecuación 4.3 se especifican en el Cuadro 4.3, de acuerdo a las instrucciones resumidas en el cuadro puede tomar un valor mínimo o máximo para cada parámetro. Según las visitas a campo realizadas al relleno se pudo realizar el levantamiento de información que sumado al criterio emitido se logró escoger los valores más acertados correspondientes al caso de investigación, estos valores se resumen en el cuadro 4.2, donde también se especifica el criterio sobre el cual se ha tomado cada referencia y alguna observación pertinente según el caso. Los cuadros 4.3 y 4.4 describen los valores que se requieren para el uso de la ecuación 4.1 y los valores seleccionados que serán utilizados.

Una vez definidos estos valores se puede hacer uso de la ecuación 4.3 para calcular la incertidumbre total generada por la aplicación de esta metodología en primer lugar, para después lograr estimar el factor de corrección utilizando la ecuación 4.2.

$$V_y = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + g^2}$$

$$V_y = \sqrt{0.02^2 + 0.1^2 + 0.15^2 + 0.05^2 + 0.0^2 + 0.05^2}$$

$$V_y = \sqrt{0.04}$$

$$V_y = 0.20$$

$$\varphi_y = \frac{1}{(1 + V_y)}$$

$$\varphi_y = \frac{1}{(1 + 0.2)}$$

$$\varphi_y = 0.83$$

Cuadro 4.3 Factores para el cálculo del factor de corrección φ_y , en base a un proyecto específico.

Factor	Parámetro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Instrucciones
a	W	2%	10%	Usar el valor mínimo si los residuos se pesan usando una báscula. Usar el valor máximo si el peso promedio de residuos es estimado de la profundidad y el área existente en el sitio de disposición.
b	DOC _j	5%	10%	Usar el valor mínimo si el DOC _j es medido. Usar el valor máximo si se usan valores por defecto.
c	DOC _f	5%	15%	Usar el valor mínimo si más del 50% de los desechos son desechos orgánicos que se degradan rápidamente, o si el sitio de disposición se encuentra geográficamente en una zona tropical. De otra forma usar el valor máximo.
d	F	0%	5%	Usar el valor mínimo si más del 50% de los desechos son desechos orgánicos que se degradan rápidamente.
e	MCF _y	0%	50%	Usar el valor mínimo si existe una gestión de desechos en el sitio de disposición, para desechos sin gestión usar el valor máximo o calcular el factor como la relación de 2/d, donde d es la profundidad del sitio de disposición en metros.
g	$\frac{e^{-k_j(y-x)} - 1}{1 - e^{-k_j}}$	5%	20%	Usar el valor mínimo si las secciones que

Factor	Parámetro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Instrucciones
				conforman el sitio de disposición fueron instaladas hace menos de tres años. En cualquier otro caso usar el valor máximo

FUENTE: CMNUCC, 2012

Cuadro 4.4 Selección de valores para el cálculo del factor de corrección ϕ_y .

Factor	Parámetro	Valor Escogido	Observaciones y criterio
a	W	2%	El relleno sanitario cuenta con una báscula donde se pesan los vehículos que ingresan con residuos..
b	DOC _j	10%	El carbón orgánico degradable no es medido por lo que se utilizara un valor por defecto.
c	DOC _f	15%	La mayor cantidad de desechos orgánicos aprovechables se dirigen a una planta de compostaje, y las instalaciones se encuentran en una zona templada mas no tropical.
d	F	5%	De acuerdo a la caracterización de residuos de las parroquias, en ninguna el porcentaje de residuos orgánicos superaba el 50% (Anexo 3). Además que la mayor cantidad de desechos orgánicos aprovechables provenientes de Machachi se dirigen a una planta de compostaje.
e	MCF _y	0%	Existe una recolección diferenciada de desechos debido a la separación en la fuente que se realiza en Machachi, además las instalaciones cuentan con una planta de reciclaje y una planta de compostaje, mejorando la gestión de desechos y evitando que el tonelaje de residuos enterrados se incremente.

Factor	Parámetro	Valor Escogido	Observaciones y criterio
g	$\frac{e^{-k_j(y-x)}}{1 - e^{-k_j}}$	5%	La operación del relleno sanitario del cantón Mejía inició en el año 2010.

FUENTE: CMNUCC, 2012

De acuerdo a la metodología, y por el tipo de aplicación definidos para la línea base previamente, existen algunos parámetros que han sido cuantificados por los investigadores que la han desarrollado. Se han generado trece versiones hasta el día de hoy, dada su aplicabilidad en rellenos sanitarios de proyectos a gran escala, y de acuerdo a varias experiencias de otros proyectos en varios países a lo largo del continente y del mundo que han utilizado esta metodología. Se ha considerado valido la selección de ciertos parámetros que serán utilizados con un valor por defecto sugeridos por la metodología.

Por lo tanto, el primer parámetro que se tomará por defecto es el (OX), conocido como la fracción de CH₄ que se oxida en el suelo o en el material que cubre los desechos, el valor a aplicar es adimensional y es igual a 0.1. Este dato es el resultado de una extensa investigación de literatura aplicada a este campo ingenieril, incluyendo las pautas incorporadas en los inventarios nacionales de GEI del IPPC (2006). Para entender lo que significa este factor de oxidación, se considera que cuando el CH₄ está atravesando la capa superior del suelo, parte del gas se oxida a CO₂ por acción de bacterias metanotróficas que usan el CH₄ como fuente de energía logrando oxidarlo a dióxido de carbono, es justamente esta porción oxidada la que corresponde al (OX).

En segundo lugar el parámetro (F), que corresponde a la fracción de CH₄ contenida en el gas corresponde a un valor de 0.5 adimensional que ha sido recopilado a través del inventario de GEI antes mencionado, puesto que el gas generado por los desechos está compuesto básicamente por una mezcla de CH₄ y CO₂. Seguidamente esta la fracción de carbón orgánico degradable que se descompone de acuerdo a las condiciones específicas del sitio de disposición, la fuente de

estimación de este parámetro es la misma y de acuerdo a esto se estipula un valor de 0.5⁷.

El factor de corrección de CH₄ (MCF) presenta valores distintos dependiendo del tipo de manejo que reciben los residuos sólidos una vez que han sido dispuestos en el relleno, es decir que este depende de las condiciones aeróbicas o anaeróbicas que se produzcan en el procesamiento de los residuos. En las celdas del relleno del cantón Mejía se da un ambiente anaeróbico por lo cual el factor adquiere un valor igual a 1 adimensional.

La DOC en cada tipo de desecho está caracterizada de acuerdo al Cuadro 4.5, este análisis proporciona un valor de DOC en función de la humedad que presentan los residuos, en el cuadro se detallan seis tipos de residuos donde se tratará de agrupar a la mayoría de residuos dispuestos en el relleno de estudio según la afinidad de las características fisicoquímicas y biológicas (UNFCCC).

Cuadro 4.5 Clasificación de la DOC_j en función del tipo de residuos j

Tipo de Residuo (j)	DOC _j (% Humedad del desecho)
Madera y productos maderables	43
Papel, cartón (no lodos)	40
Comida, restos de comida, bebidas y tabaco (no lodos)	15
Textil	24
Desechos de jardines y parques	20
Vidrio, plástico, metal y desechos inertes	0

FUENTE: CMNUCC, 2012

⁷ <http://cdm.unfccc.int>

Un parámetro importante es la tasa de decaimiento que se aplicará según el tipo de residuo, para lo cual es necesario definir el tipo de clima del sitio de disposición según tres variables importantes que definen el clima: temperatura, precipitación y evapotranspiración. Una vez definido el clima se clasifican las tasas (k_j) de acuerdo al tipo de residuo como se puede apreciar en el Cuadro 4.6, en donde MAT se refiere a la media anual de temperatura, MAP a la media anual de precipitación y PET a la evapotranspiración potencial.

Una vez definidos los parámetros no monitoreados se puede calcular ecuación 4.4, de acuerdo al cuadro 4.5 que muestra los parámetros escogidos para el caso de estudio, que es el relleno sanitario del cantón Mejía, permite obtener los requerimientos para la aplicación de la ecuación 4.4. Con el valor obtenido de la ecuación se procederá mas adelante a estimar las sumatorias restantes de la ecuación 4.1, de acuerdo al periodo sobre el cual se aplicará la metodología para la estimación de los CER. El cuadro 4.6 es el resumen de los valores obtenidos para calcular la ecuación 4.4, mientras que el cuadro 4.7 indica los escenarios para estimar k_j en función del tipo de clima de la zona a implementar el proyecto.

$$\Phi = \varphi_y \cdot 1 - f_y \cdot GWP_{CH_4} \cdot 1 - OX \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_{f,y} \cdot MCF_y \cdot \quad (4.4)$$

Cuadro 4.6 Parámetros no monitoreados con los valores de referencia a aplicar

Parámetro	Valor escogido
φ	0,83
f_y	0
GWP_{CH_4}	21
OX	0,1
F	0,5
DOC_f	0,5
MCF_y	1

FUENTE: CMNUCC, 2012

$$\Phi = \varphi_y \cdot 1 - f_y \cdot GWP_{CH_4} \cdot 1 - OX \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_{f,y} \cdot MCF_y \cdot$$

$$\Phi = 0.83 \cdot 1 - 0 \cdot 21 \cdot 1 - 0.1 \cdot \frac{16}{12} \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 1$$

$$\Phi = 5.23$$

Los valores de peso por tonelaje de cada uno de los tipos de residuos que ingresan al residuo se registran en una base de datos en la cual se marcan los ingresos de cada vehículo, la institución a la que pertenece, la hora de ingreso, un responsable, el peso del vehículo al ingreso y a la salida.

Con estos registros se puede obtener el peso de los residuos que son dispuestos en el relleno sanitario, la base de datos codificada por las personas a cargo del manejo de la información no se encontraba en óptimas condiciones para poder explotar la información de los residuos a conveniencia de esta investigación, por lo cual se procedió a realizar una depuración de la base de datos.

Cuadro 4.7 Tasa de decaimiento k_j de acuerdo al clima y tipo de residuo j

Tipo de Residuo j		Boreal y Templado		Tropical	
		Seco (MAP/PET<1)	Húmedo (MAP/PET>1)	Seco (MAP<1000mm)	Húmedo (MAP>1000mm)
Degradación lenta	Papel, cartón, textil (no lodos)	0.04	0.06	0.045	0.07
	Madera, productos maderables y paja	0.02	0.03	0.025	0.035
Degradación moderada	Residuos orgánicos putrescibles (no comida), residuos de parques y jardines	0.05	0.1	0.065	0.17
Degradación rápida	Comida, restos de comida, aguas residuales, lodos, bebidas y tabaco	0.06	0.185	0.085	0.40

FUENTE: CMNUCC, 2012

En primer lugar se desagruparon los campos para poder filtrar las categorías presentes en la hoja de cálculo, como se encontraban varias hojas correspondientes a cada mes se agruparon todos los datos en una sola hoja donde cada registro cuenta con todas las categorías mencionadas anteriormente, el resultado fue una base de datos con aproximadamente cinco mil campos a ser procesados. El paso siguiente fue re categorizar la columna de tipo de residuo puesto que los registros deben ser ordenados con un campo claro y definido. La recategorización se realizó en función de las características de los residuos, la institución de donde provenían, las fechas de ingreso, el tonelaje y todos los campos que fueran necesarios para proporcionar una mayor representatividad de los datos.

Las principales categorías definidas fueron: basura domiciliar, material reciclable e inerte, material recuperado, residuos orgánicos, residuos de mercados, residuos de vías. Dentro de la base de datos se encontraron varios registros inconsistentes como por ejemplo sin registros de peso al ingreso o la salida, registros con valores igual a cero, o valores de tonelaje muy dispersos que salen de la media de los datos manejados alrededor del año, todas estas inconsistencias tuvieron que ser anuladas y no tomadas en cuenta para que la confiabilidad de los datos a utilizar sea mayor.

El último paso una vez ordenada, organizada y sistematizada la base de datos fue suministrar una nueva categorización a los tipos de residuos, esta nueva categorización encaja en la clasificación de residuos presentada por la metodología ACM0001, es necesario que todos los datos encajen dentro de esta nueva codificación para poder realizar las estimaciones de CO₂ y CH₄ en el proyecto a implementar en el sitio de disposición final. Existen algunos registros de material que ingresa al relleno pero no es dispuesto como escoria y lastre, se ha decidido no contabilizar estos valores puesto que estos residuos no son enterrados en el relleno y no tienen incidencia en la generación de CH₄. Todos los campos con valores negativos indican que el peso de ingreso fue menor que el de salida del vehículo, esto se debe principalmente a la planta de reciclaje que opera en el relleno, ya que varias comercializadoras tienen autorización para comprar el material reciclable y sacarlo fuera de las instalaciones del relleno, de igual forma estos valores no serán

contabilizados para las estimaciones únicamente se priorizarán los desechos confinados en las celdas.

A continuación se muestra la categorización realizada con su respectiva codificación para que la exportación y explotación de la base de datos actualizada sea de mayor facilidad para cualquier investigador que requiera hacer uso de esta información.

Como se puede valorar en el cuadro 4.8 existen ocho categorías sobre las cuales se han clasificado a todos los residuos sólidos que han ingresado al relleno, la categoría que mayor tonelaje presentó a lo largo del año fueron residuos orgánicos de comida que no son aprovechables en la planta de compostaje ya que su periodo de degradación es muy extenso y sale del límite establecido técnicamente para producir el compost que se genera en el relleno a la misma tasa de producción, esto se debe a que en su mayoría estos restos provienen de grandes cadenas de comida que disponen los huesos en el relleno, o también restos provenientes del camal, mercados, ferias libres y hacinamientos.

Cuadro 4.8 Categorización y codificación aplicada a los residuos.

CATEGORÍA	CÓDIGO
Reciclables, inertes	1
Residuos de comida	2
Orgánico (no comida, ni lodos)	3
Lodos	4
Papel y Cartón	5
Residuos de parques y jardines	6
Residuos Textiles	7
Residuos maderables	8
Residuos no dispuestos	0

Una vez definidas las categorías se calculó mediante el uso de filtros y tablas dinámicas a partir de la base de datos generada a lo largo del año 2011 los valores de residuos en peso (anual y diario) que son confinados en las celdas del sitio de disposición.

Al momento de procesar la información se determinó que los restos provenientes de basura domiciliar tanto de Machachi urbano como de las parroquias, proporcionaban un peso muy representativo, por lo cual se procedió a realizar una separación de los residuos según la caracterización de residuos realizada en una tesis de investigación sobre los rendimientos de las operaciones en el mismo relleno (Barros, et al., 2010), e información recopilada en el relleno en cuanto a caracterización de los residuos de las parroquias. De esta información se extrajeron los porcentajes y se multiplicaron por el valor total de desechos tanto domiciliarios urbanos y de parroquias, estos valores fueron categorizados nuevamente según la codificación del Cuadro 4.8 , las principales categorías encontradas para estos desechos fueron: reciclables inertes, restos de comida, textiles, papel y cartón. En el cuadro 4.9 se muestran los pesos obtenidos para cada categoría en el año 2011.

Cuadro 4.9 Pesos de residuos anuales y diarios según la categorización

CÓDIGO	CATEGORÍA	TONELAJE ANUAL [t]	[t/día]
1	Reciclables, inertes	5251,563	14,388
2	Residuos de comida	7805,938	21,386
3	Orgánico (no comida, ni lodos)	0,000	0,000
4	Lodos	126,700	0,347
5	Papel y Cartón	617,542	1,692
6	Residuos de parques y jardines	388,453	1,064
7	Textiles	519,354	1,423
8	Residuos maderables	26,030	0,071
TOTAL		14735,580	40,371

Para los cálculos de los CER se debe definir el tiempo de vida útil del sitio de disposición junto con el promedio de residuos que se dispondrán en el mismo, el cuadro 4.10 indica la proyección de cómo va incrementando la capacidad del relleno para la disposición de desechos, esto se debe fundamentalmente al incremento poblacional, un incremento en la población va a generar una mayor demanda del servicio de recolección, por lo cual la población servida será mayor y la producción

de residuos dispuestos en el relleno también incrementará, según el plan masa del relleno sanitario se prevé que para el 2031 el incremento anual de desechos será del 101,4% para cada año, se ha utilizado esta proyección y los valores obtenidos en el cuadro 4.7 para generar el tonelaje anual que será dispuesto hasta dicho año.

Cuadro 4.10 Proyección del relleno sanitario del cantón Mejía en 20 años.

AÑO	TASA DE INCREMENTO ANUAL (PROYECCIÓN)	TONELAJE CONFINADO ANUAL [t]	[t/día]
2011	-	14735,580	40,371
2012	101,4%	14940,459	40,933
2013	101,4%	15151,643	41,511
2014	101,4%	15362,827	42,090
2015	101,4%	15577,162	42,677
2016	101,4%	15794,650	43,273
2017	101,4%	16018,442	43,886
2018	101,4%	16242,234	44,499
2019	101,4%	16469,177	45,121
2020	101,4%	16699,273	45,751
2021	101,4%	16932,521	46,390
2022	101,4%	17168,920	47,038
2023	101,4%	17411,624	47,703
2024	101,4%	17654,328	48,368
2025	101,4%	17900,183	49,042
2026	101,4%	18152,343	49,732
2027	101,4%	18407,655	50,432
2028	101,4%	18662,966	51,131
2029	101,4%	18924,582	51,848
2030	101,4%	19189,349	52,574
2031	101,4%	19457,269	53,308

FUENTE: Municipio cantón Mejía, 2011

4.3.2 ESTIMACIÓN DE LA LINEA BASE Y PROYECTO

La línea base se define como el escenario de un proyecto o localidad definido por sus condiciones actuales antes de que se produzca alguna alteración en función del tiempo generada por afectaciones tanto naturales como antrópicas. La línea base de esta investigación será delimitada por la generación natural de CH_4 a partir de la disposición de los desechos descritos en el cuadro 4.7 sin que exista alguna captura, quema o aprovechamiento del gas, es decir que todas las emisiones producidas en un periodo de veinte años que es la vida útil del relleno.

Como se mencionó antes, la ecuación 4.1 esta validada para genera los datos de estimaciones de emisiones de CH_4 expresadas como toneladas de carbono equivalente, todo el proceso estadístico para llegar a formular las estimaciones ha sido generado en una hoja de cálculo donde se toma como valor constante al dato calculado en la ecuación 4.4, y se procede a procesar cada parámetro de la ecuación de línea base, en primer lugar se toma como año base al 2011 por lo cual el año x es igual a 1 en este año, a medida que se incrementa el número de años x a creciendo hasta que $x=y$ en un periodo de veinte años es decir en el 2031.

El cuadro 4.9 nos permite separar el tonelaje anual por año en las diferentes categorías, para cada categoría se calculan los parámetro DOC_j , y k_j con relación a los cuadros 4.3 y 4.4 se pueden obtener estos parámetros para cada una de las categorías de desechos que se han dispuesto a lo largo del año 201. Además, se han elaborado: mapa de Isoyetas, donde se categoriza la zona del relleno en cuanto a las precipitaciones anuales; mapa de Isoyetermas que muestra las variaciones de temperatura anuales y finalmente se ha desarrollado un mapa donde se ubican las principales estaciones meteorológicas del sitio de disposición, los mapas fueron exportados a una escala 1:30000 y se usó herramientas de sistemas de información geográfica y el sistema de referencia WGS84 zona 17S, esta información se encuentra adjunta en el anexo 5.

Los mapas exportados muestran valores de precipitación anual entre 1250 y 1500 mm de columna de agua, mientras que la temperatura anual de la zona se ubica en promedio en 8 °C. Por otro lado la evapotranspiración potencial se obtuvo utilizando

el método de Hargreaves, el cual utiliza una base de datos climatológicos como: temperatura, humedad relativa promedio mensual, velocidad del viento y datos geográficos como latitud y elevación para poder estimar la evapotranspiración potencial (ETP), debido a la carencia de estas variables en las estaciones mas cercanas al proyecto, se tomó como referencia a la estación Cotopaxi-Clirsen utilizando los datos del anuario meteorológico del INAMHI del año 2009, puesto que es la última información disponible en la página web del INAMHI que se encuentra ubicada a 3 km del predio del relleno. La ETP estimada para cada mes ha sido obtenida mediante una simulación a través del Laboratorio virtual de hidrología Hidrovlab, el cual es una iniciativa académica que tiene por finalidad proporcionar a estudiantes y profesionales un medio que permita observar, experimentar y comprender el comportamiento de un sistema hidrológico y la interrelación de las variables en éste involucradas. La herramienta utilizada fue la simulación de procesos, que permiten estudiar cada una de las fases del ciclo hidrológico y el efecto de la variación de sus parámetros, en este caso la evapotranspiración del lugar tomando como referencia las variables climatológicas del sitio.

Los datos climatológicos y la estimación de la ETP se muestran en el siguiente cuadro 4.11:

Cuadro 4.11 Valores mensuales de ETP en la estación Cotopaxi-Clirsen

Variables		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Latitud	Grados, min, seg	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S	0° 37' 9" S
Elevación promedio	m	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560
Temperatura	°C	8	8,2	8,6	8,3	8,5	7,9	8,2	8,9	9	8,2	8,4	9,2
Humedad relativa promedio mensual	%	97	97	97	98	99	98	97	97	97	97	97	98
Velocidad media del viento	m/s	4	5	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6
ETP	mm	29,62	26,35	32,35	28,05	28,58	26,81	30,82	33,19	32,05	30,65	29,86	33

FUENTE: INAMHI, 2009

La ETP a lo largo del año es de 360,9 mm, por lo tanto si se us la metodología y se hace la relación entre la precipitación anual (MAP) y la evapotranspiración (ETP), esta será mayor que uno:

$$\frac{MAP}{ETP} = \frac{1250 \text{ mm}}{360.9 \text{ mm}} = 3,46$$

Con esta información se ha definido al lugar del proyecto como una zona templada húmeda por lo cual se tomarán los valores de DOC_j , y k_j que correspondan a esta categorización climática, según la metodología se pueden agrupar los residuos orgánicos que no sean restos de comida con el mismo valor de DOC_j que los restos de parques y jardines, y también es factible usar un valor de 9% para los lodos dispuestos, las demás categorías encajan fácilmente dentro del Cuadro 4.8. La categoría 1 correspondiente a residuos reciclables e inertes tendrán un valor de DOC_j , y k_j igual a cero puesto que estos desechos son de una muy lenta tasa de biodegradabilidad por lo que el aporte de generación de CH_4 relacionado con este tipo de desechos es prácticamente nulo, son los demás desechos los que producirán la línea base estimada en esta metodología. En el cuadro 4.12 se calculan las DOC para cada tipo de residuo.

Cuadro 4.12 Variable DOC_j valorado en cada categoría de desechos

DOC_j por Categoría	Valor de referencia
DOC1	0
DOC2	0,15
DOC3	0,2
DOC4	0,09
DOC5	0,4
DOC6	0,2
DOC7	0,24
DOC8	0,43

FUENTE: CMNUCC, 2012

Cuadro 4.13 Variable k_j valorado en cada categoría de desechos

k_j por Categoría	Valor de referencia
k1	0,000
k2	0,185
k3	0,100
k4	0,185
k5	0,060
k6	0,100
k7	0,060
k8	0,030

FUENTE: CMNUCC, 2012

Para una mayor facilidad en el cálculo de la suma total de emisiones en cada año y en el periodo de acreditación del proyecto se calcula por separado, los términos de la ecuación son de tipo exponencial para cada categoría. Con esta base se suma la multiplicación de $\sum_{x=1}^y W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-k_j \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k_j})$ para cada categoría de desechos en cada año siempre haciendo relación al primer año base que es el 2011, a medida que incrementan los años la sumatoria incrementa también puesto que la diferencia de y e x incrementa con el paso del tiempo.

Cuadro 4.14 Referencia para el cálculo de $y-x$ tomando la referencia del año x e y a partir del 2011

Año y	Año x	Año y	Año x	$y-x$
2011	2011	1	1	0
2012	2011	2	1	1
	2012		2	0
2013	2011	3	1	2
	2012		2	1
	2013		3	0
2014	2011	4	1	3
	2012		2	2
	2013		3	1
	2014		4	0

Fuente: Cambio Climático S.A, 2006

A continuación en el cuadro 4.15 se presenta un ejemplo de cálculo de la línea base únicamente para el año 2011, en este cuadro se puede apreciar cómo se calcularon primero los valores de los parámetros que no son constantes a lo largo del tiempo en función de la categoría del desecho al cual representan, después se realiza la sumatoria de todos los registros calculados y se multiplica por el valor $\Phi=5.23$ previamente calculado y definido como constante a lo largo de todo el periodo. Como se puede observar el mayor aporte de emisiones está dado por los residuos de comida codificados en la categoría 2, esto se debe a que estas propiedades biológicas de estos desechos que permiten una rápida biodegradabilidad que bajo condiciones anaeróbicas producirán una importante cantidad de gas CH_4 .

El mismo proceso se efectuó para cada año a partir del año base, como se puede observar en el Cuadro 4.11 a medida que transcurre el tiempo el año x incrementa por lo que los montos de toneladas de CO_2 equivalente aumentan debido a la secuencia de la sumatoria generada por el modelo. La diferencia de la línea base con el proyecto es que la fracción de CH_4 capturado, quemado, combustionado o aprovechado (f) es cero por la definición de línea base. El cuadro 4.16 muestra los resultados de la línea base obtenida para todo el periodo definido desde el año 2011 hasta el 2031.

Cuadro 4.15 Ejemplo de cálculo de línea base

Variables	Valor
$W1 \cdot \text{DOC}1 \cdot e^{-k1 \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k1})$	0,00
$W2 \cdot \text{DOC}2 \cdot e^{-k2 \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k2})$	111,42
$W3 \cdot \text{DOC}3 \cdot e^{-k3 \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k3})$	0,00
$W4 \cdot \text{DOC}4 \cdot e^{-k4 \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k4})$	0,66
$W5 \cdot \text{DOC}5 \cdot e^{-k5 \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k5})$	23,51
$W6 \cdot \text{DOC}6 \cdot e^{-k6 \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k6})$	4,52
$W7 \cdot \text{DOC}7 \cdot e^{-k7 \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k7})$	3,68

$W8*DOC8*e-k8*(y-x)*(1-e-k8)$	0,00
Suma de los j	144,80
BECH4,SWDS, y	751,95
y	2011

Fuente: Cambio Climático S.A, 2006

Cuadro 4.16 Resultados obtenidos de la línea base

Año	BE_{CH4,SWDS,y}
[año]	[tCO_{2e}]
2011	752
2012	1.405
2013	1.975
2014	2.475
2015	2.917
2016	3.310
2017	3.662
2018	3.979
2019	4.267
2020	4.530
2021	4.772
2022	4.997
2023	5.207
2024	5.404
2025	5.591
2026	5.769
2027	5.939
2028	6.103
2029	6.262
2030	6.416
2031	6.566
TOTAL	92.295

Fuente: Cambio Climático S.A, 2006

El total de tCO_{2e} generadas en el periodo de acreditación si no se realiza la combustión del CH₄ por medio de antorchas es de 92.295 tCO_{2e}. Como indica la metodología ACM0001 se aplica la misma ecuación 4.1 tanto para emisiones de línea base como para el proyecto de quema CH₄, por lo cual el proceso descrito

para el cálculo de línea base es el mismo que se manejará para el proyecto, con la clara diferencia de que ahora el factor f es diferente de cero, para el caso de esta investigación se tomará un valor referencial de 0.723 que corresponde a la eficiencia de transformación del CH₄ a CO₂ producido en las antorchas de combustión a ser implementadas.

El cuadro 4.17 muestra los resultados del proyecto obtenidos para todo el periodo definido desde el año 2011 hasta el 2031, en el cual se puede apreciar la diferencia de tCO_{2e} si se lo compara con el cuadro 4.16.

Cuadro 4.17 Resultados obtenidos del proyecto

Año	PECH₄,SWDS,y
[año]	[tCO_{2e}]
2011	180
2012	337
2013	474
2014	594
2015	700
2016	794
2017	879
2018	955
2019	1.024
2020	1.087
2021	1.145
2022	1.199
2023	1.250
2024	1.297
2025	1.342
2026	1.384
2027	1.425
2028	1.465
2029	1.503
2030	1.540
2031	1.576
TOTAL	22.151

Fuente: Cambio Climático S.A, 2006

Los certificados de reducción de emisiones CER se calculan por cada tonelada de carbono equivalente que no fue emitida en el periodo de acreditación, esto se calcula haciendo la diferencia entre las toneladas de CO₂ de la línea base versus las toneladas del proyecto. Con datos del mercado de carbono se puede valorar cada tonelada de dióxido de carbono equivalente. Algunos mercados de carbono en el mundo son el “European Climate Exchange” (Agency) en Europa y el “Carbon Trade Exchange”⁸ actualmente el mercado valora una tonelada de carbono no emitida en 3.5 € (Euros). Con estos valores se calculará el aporte de reducción de emisiones generado con el mejoramiento de la gestión de los gases de efecto invernadero y también la utilidad económica generada para poder emplear el dinero en inversión para el mejoramiento, cobertura y capacidad del relleno del cantón Mejía.

4.3.3 DIMENSIONAMIENTO DE ANTORCHAS

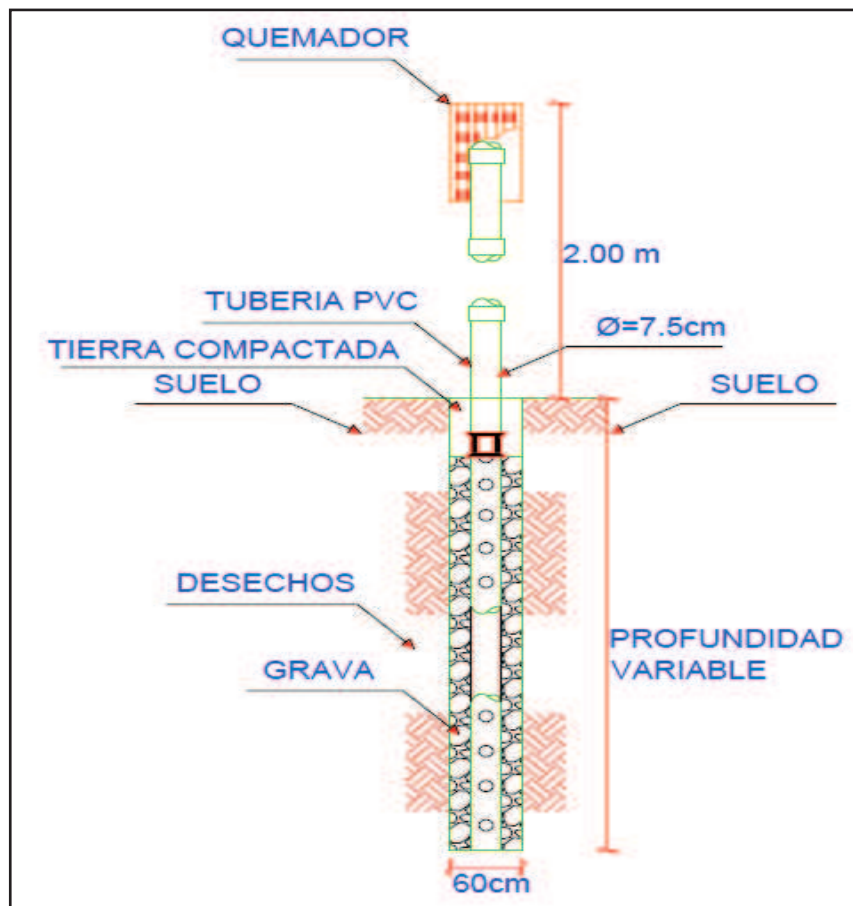
Los sistemas de antorchas son muy utilizados en rellenos, especialmente en proyectos a pequeña escala, ya que estas técnicas permiten el minimizar la salida de olores y la migración del biogás hacia la atmósfera, existen dos tipos de métodos de control con antorchas; el método pasivo es un método de bajo presupuesto, en el cual se construye una vía de alta permeabilidad para la mayor captación del biogás en la dirección deseada. Por otro lado los métodos activos son más eficientes y por lo tanto más costosos ya que su mecanismo de acción incorpora una bombona que succiona el gas para que la extracción sea mayor (Tchobanoglous, et al., 1994).

Para el caso de esta investigación, al ser un relleno de bajo tonelaje, se utilizará un diseño con antorchas en un sistema pasivo, como se muestra en la figura 4.2, el modelo de antorcha está compuesto por una tubería de PVC, de un diámetro de 7,5 cm, la misma que cuenta con un sistema de orificios de 2 cm de diámetro y va desde el nivel del suelo hasta el fondo del relleno para que la captación sea completa, el ancho de la zanja es de 60 cm y se recubre con grava, para permitir la permeabilidad del gas hasta dirigirlo hasta el quemador, al cual se incorporará una llama piloto que controlará la combustión del flujo de gas.

⁸ <http://carbontradexchange.com>

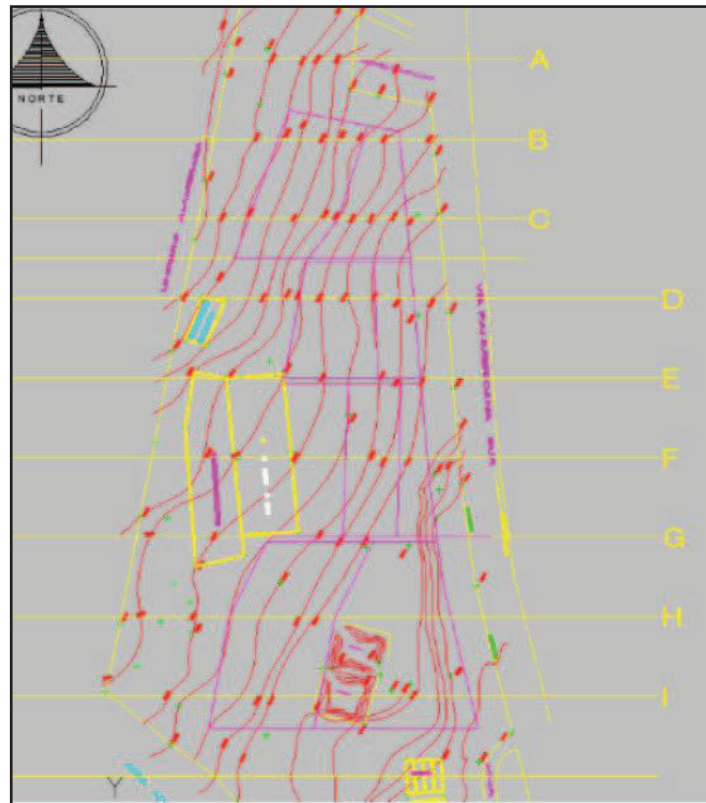
Una vez definido el modelo de antorcha, se planifica el espaciamiento e implantación de cada una en los cubetos del relleno del cantón Mejía, según la Memoria del Plan Masa del relleno año 2011, los mismos que se pueden identificar en la figura 4.3, la misma que indica el dimensionamiento de los cubetos en planta diseñado por el municipio del cantón Mejía, el cubeto uno se encuentra entre los ejes B y C, el cubeto dos se encuentra entre los ejes D y E, el tercer cubeto entre los ejes E y G, y el cuarto entre los ejes G e I.

Figura 4.2 Diseño de un modelo de antorcha para el relleno sanitario



FUENTE: Tchobanoglous, et al., 1994

Figura 4.3 Implantación de los cuatro cubetos en el predio del relleno.



FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

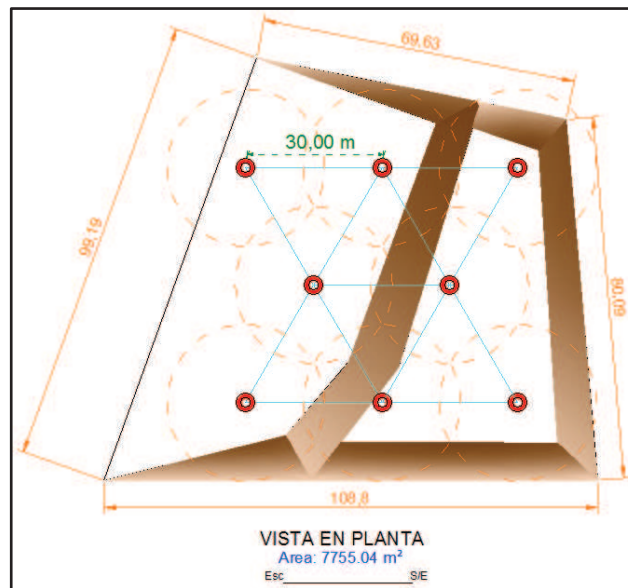
Los cubetos en conjunto suman un área de $34763,74 \text{ m}^2$, a continuación en la figura 4.4 se muestra el diseño del primer cubeto, en el cual se han ubicado ocho antorchas bajo una red de triángulos equiláteros para que el radio de captación de cada antorcha cubra la mayor cantidad de superficie en el relleno, la separación entre cada antorcha es de 30 metros, mientras que el radio de acción de cada antorcha es de 17,32 m. De acuerdo a este diseño si se divide el número de antorchas para el área del cubeto, se tiene como resultado que cada antorcha se dispone en un área de alrededor de $969,38 \text{ m}^2$. El diseño en los demás cubetos (cuatro en total) proporciona un total de 36 antorchas para toda el área de los cuatro cubetos. A medida que se va rellinando el sitio de disposición se deben ir incorporando las demás antorchas de acuerdo a los diseños presentados, para que la captación del biogás sea más eficiente.

Figura 4.4 Diseño en corte del Cubeto 1 con las antorchas instaladas



FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

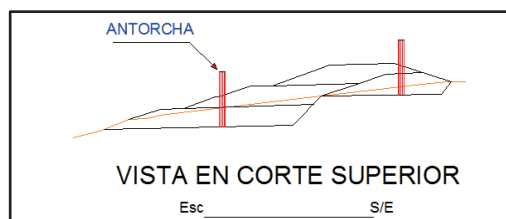
Figura 4.5 Diseño en planta del Cubeto 1 con las antorchas instaladas



FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

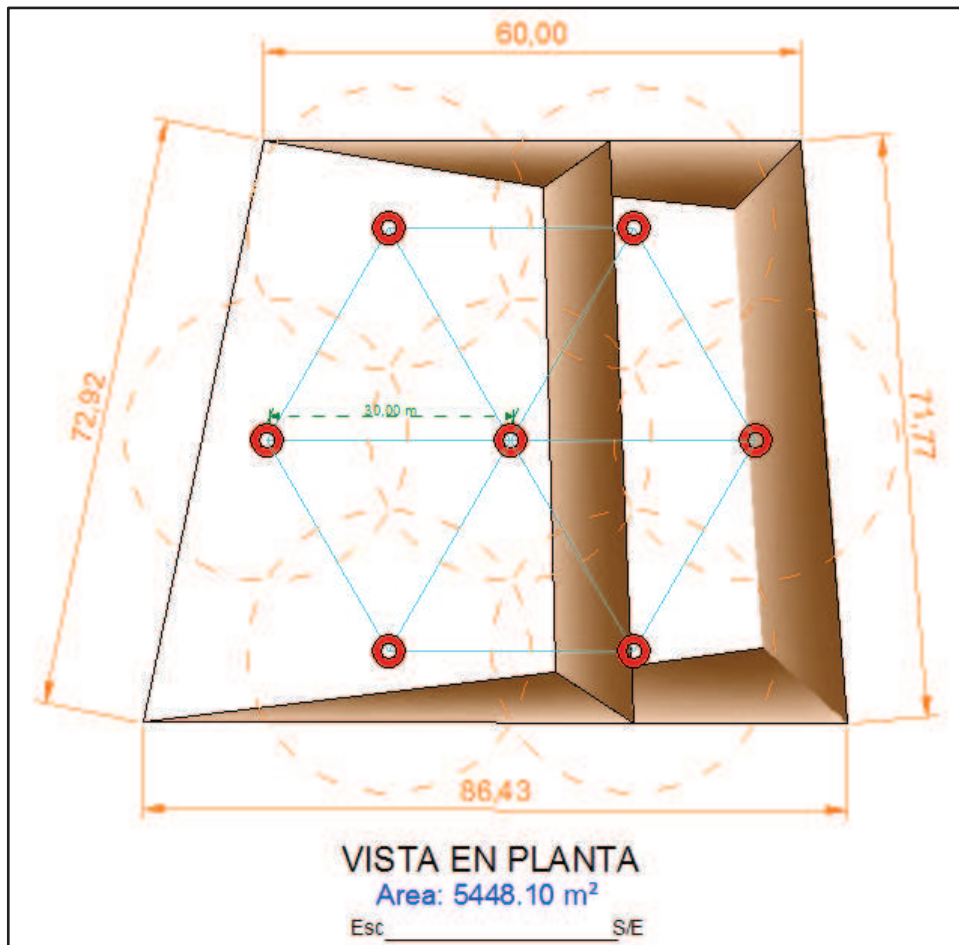
EL dimensionamiento de las antorchas para los demás cubetos se presenta a continuación, en cada detalle se muestra el área del cubeto, las dimensiones y un corte en el cual se puede apreciar cómo se dispondrán las antorchas estimadas para la quema y captura de CH₄.

Figura 4.6 Diseño en corte del Cubeto 2 con las antorchas instaladas



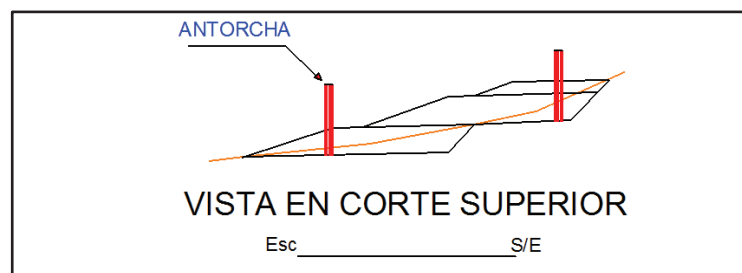
FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

Figura 4.7 Diseño en planta del Cubeto 2 con las antorchas instaladas



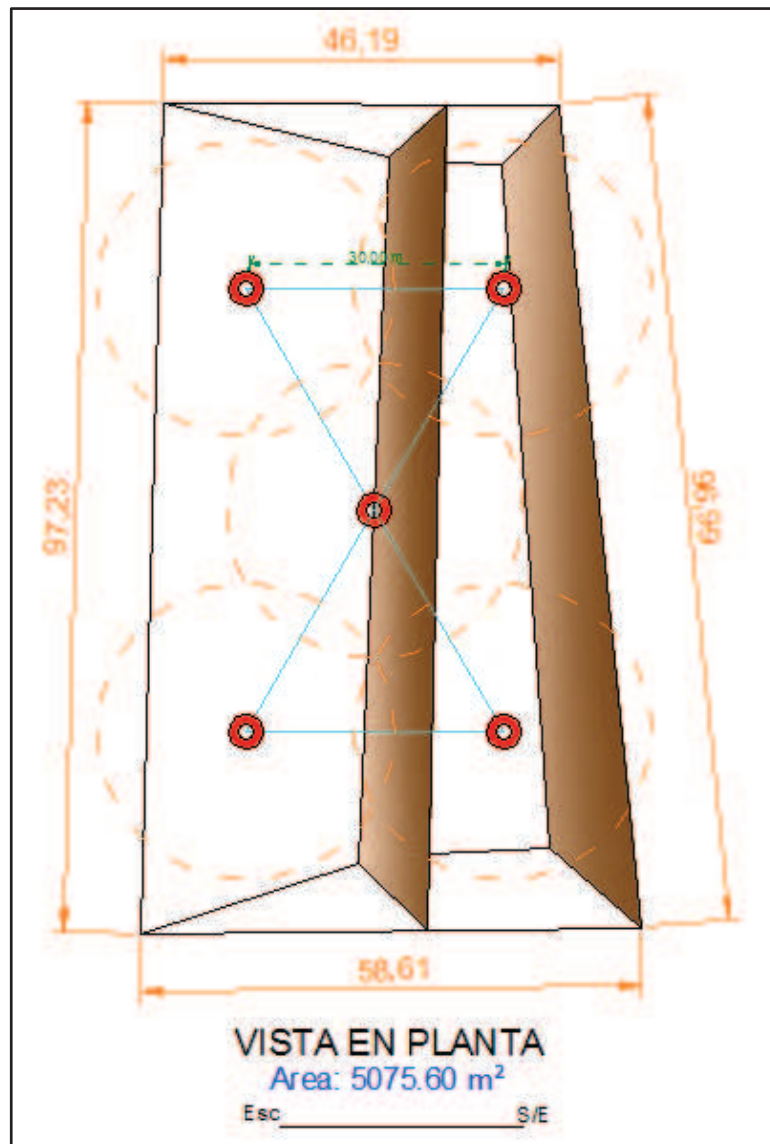
FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

Figura 4.8 Diseño en corte del Cubeto 3 con las antorchas instaladas



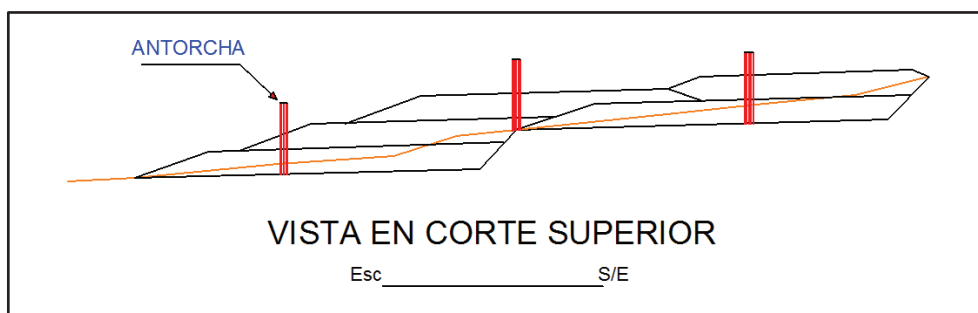
FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

Figura 4.9 Diseño en planta del Cubeto 3 con las antorchas instaladas



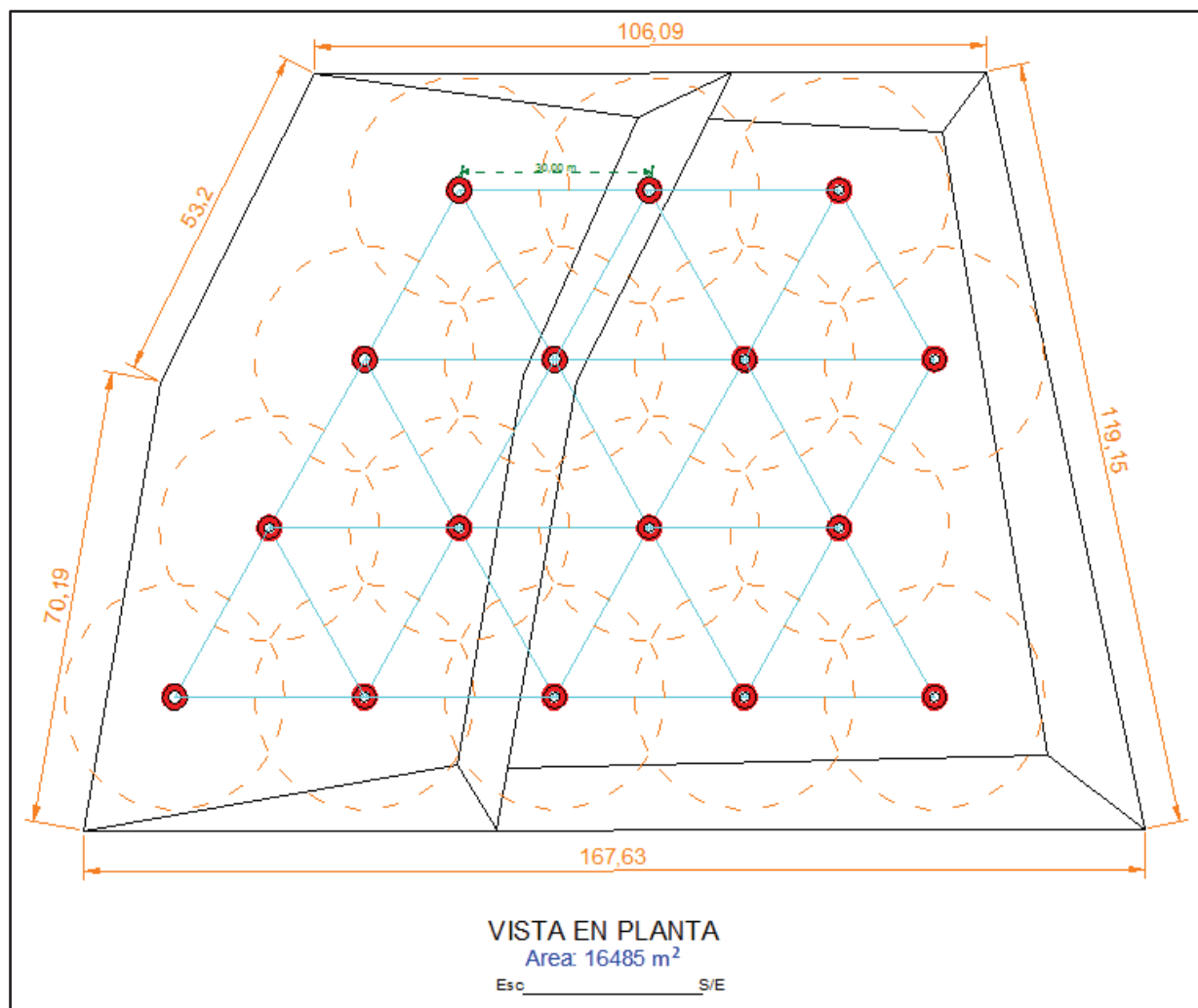
FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

Figura 4.10 Diseño en corte del Cubeto 4 con las antorchas instaladas



FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

Figura 4.11 Diseño en planta del Cubeto 4 con las antorchas instaladas



FUENTE: Municipio del cantón Mejía, 2011

La implantación de los cubetos así como el diseño y la capacidad de almacenamiento de cada uno de los cuatro cubetos fueron hechos por parte del Municipio del cantón Mejía y se encuentran en la Memoria del Plan Masa del relleno (2011), el dimensionamiento de las antorchas en cada cubeto fue diseñado en base a criterios técnicos y económicos encontrados en ejemplos de otros rellenos en Sudamérica y Ecuador y bibliografía tomando como referencia principalmente a: “Gestión Integral de residuos Sólidos” (Tchobanoglous, et al., 1994).

En el cuadro 4.18 se detalla cómo se realiza el dimensionamiento de cada parte de la antorcha, junto con el valor en el mercado, para una reducción de costos se ha

escogido el material PVC para las tuberías de las antorchas, en conjunto el valor total de una antorcha promedio es de 972 dólares americanos.

Cuadro 4.18 Estimación del precio unitario de antorcha

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio (USD)
Tubería PVC ϕ 60 cm	m	8	100
Tubería PVC ϕ 7,5 cm	m	10	50
Grava	m ³	2.2	22
Quemador	-	1	800
TOTAL			972,00

En el cuadro 4.19 se presenta un resumen del dimensionamiento de los cubetos que están planificados implementar en las instalaciones del relleno sanitario, según el Plan Masa del relleno se han diseñado cuatro cubetos con distintas características, para cumplir con el tonelaje de residuos estimados en un periodo de veinte años se tomó el mismo diseño de cubetos y se realizó un dimensionamiento igual, es decir duplicando los cuatro cubetos iniciales, en base a los resultados obtenidos se dimensionaron las antorchas que se ubicarán en cada cubeto para calcular el presupuesto o inversión que se requiere en materia de antorchas.

Cuadro 4.19 Dimensionamiento de cubetos y antorchas

CUBETOS	Volumen (m ³)	Tonelaje (t)	Vida Útil (años)	Número de Antorchas	Inversión (USD)
1	45876	32112,5577	1,62	8	9331,2
2	37176	26022,6795	1,31	7	8164,8
3	30886	21619,7676	1,09	5	5832
4	136432	95500,49	4,82	16	18662,4
5	45876	32112,5577	1,62	8	9331,2
6	37176	26022,6795	1,31	7	8164,8
7	30886	21619,7676	1,09	5	5832
8	136432	95500,49	4,82	16	18662,4
TOTAL	500740	350510,99	17,68	72	83980,8

Con estos criterios, se realizará el presupuesto en un valor unitario de cada antorcha para lo cual se tomará en promedio la altura de las antorchas para estimar la cantidad de material que se requiere. En promedio la altura de las antorchas es de 2 metros sobre el suelo, y 8 metros debajo de suelo, ya que cada celda del cubeto tiene una altura en promedio de cuatro metros, el precio unitario estimado por antorcha es de 972 USD. Para cubrir todo el tonelaje estimado en el proyecto MDL se requieren de alrededor de 72 antorchas lo cual involucra una inversión de 69.984,00 USD en todo el periodo de estimación, es decir 20 años.

4.4 RESULTADOS

De acuerdo a las estimaciones realizadas con las herramientas proporcionadas por la metodología ACM0001, la producción de CH₄ en el relleno sanitario es igual a 92.295 tCO₂e durante el periodo de vida útil del relleno. Con la actividad del proyecto se estima una producción de CO₂ equivalente sea de 22.151 tCO₂. Con lo que se tiene un estimado de CER mediante el cálculo de 70.144 tCO₂ e. Como consecuencia de esto se tendrían resultados socioeconómicos y resultados ambientales.

4.4.1 RESULTADOS AMBIENTALES

Mediante la actividad del proyecto, captación y combustión de biogás se reduce de forma eficaz las emisiones de CH₄ a la atmósfera, contribuyendo de esta manera a la minimización del calentamiento global, evitando la emisión de 70.144 tCO₂e. Además, mediante la combustión también se destruyen compuestos orgánicos volátiles entre otros.

Por otro lado, se mantiene la estabilidad y equidad del relleno sanitario, evitando la formación de bolsas de gas que podrían ocasionar explosiones o deslizamientos del relleno sanitario.

4.4.2 RESULTADOS SOCIOECONÓMICOS

Económicamente la venta de los CER contribuirá a la economía del GAD del cantón Mejía, evitando que la inversión provenga de los contribuyentes, la construcción,

operación y mantenimiento del sistema generará plazas laborales de manera directa e indirecta.

Cuadro 4.20 Utilidad de los CER generados

Año	BECH4,SWDS,y	MGPR,y	CER	Precio	Utilidad
(año)	tCO₂e	tCO₂	tCO₂	€	USD
2011	751,951	180,468	571	3,5	2.600
2012	1404,833	337,160	1.068	3,5	4.858
2013	1974,862	473,967	1.501	3,5	6.829
2014	2475,244	594,059	1.881	3,5	8.559
2015	2917,193	700,126	2.217	3,5	10.088
2016	3310,054	794,413	2.516	3,5	11.446
2017	3661,808	878,834	2.783	3,5	12.663
2018	3978,815	954,916	3.024	3,5	13.759
2019	4266,560	1023,974	3.243	3,5	14.754
2020	4529,638	1087,113	3.443	3,5	15.663
2021	4771,905	1145,257	3.627	3,5	16.501
2022	4996,598	1199,184	3.797	3,5	17.278
2023	5206,601	1249,584	3.957	3,5	18.004
2024	5404,021	1296,965	4.107	3,5	18.687
2025	5590,794	1341,791	4.249	3,5	19.333
2026	5768,714	1384,491	4.384	3,5	19.948
2027	5939,142	1425,394	4.514	3,5	20.538
2028	6103,068	1464,736	4.638	3,5	21.104
2029	6261,653	1502,797	4.759	3,5	21.653
2030	6415,726	1539,774	4.876	3,5	22.186
2031	6565,995	1575,839	4.990	3,5	22.705
TOTAL	92.295	22.151	70.144	3,5	319.157

4.5 RELACIÓN COSTO BENEFICIO

4.5.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Con la finalidad de realizar el análisis de costos del proyecto se tomará en cuenta los costos directos, costos indirectos, gastos imprevistos y administrativos y costos de transacción.

Costos Directos:

Son los costos de equipo y materiales tales como costos de chimeneas y antorchas:

Cuadro 4.21 Costos Indirectos

Costo	Valor (USD)
Ingeniería (15%)	10497
Contingencias e imprevistos (5%)	3499,8
Total	13996,8

Costo de Transacción

Son todos aquellos costos en los que se incurre en el transcurso del intercambio de un bien, desde su inicio hasta que este es completado. No necesariamente son solo gastos efectivos, en las transacciones hay costos de oportunidad (las demoras en aprobación representan un costo de oportunidad)

Cuadro 4.22 Ciclo del proyecto MDL

Etapa	Función	Responsable
Diseño del proyecto	Formulación del proyecto: Línea Base y Plan de Monitoreo	Proponente
Aprobación	Evaluación nacional del Proyecto	Oficina Nacional
Validación	Evaluación independiente del proyecto	Entidad Operacional
Registro	Registro oficial como proyecto MDL	Junta Ejecutiva
Monitoreo	Medición de desempeño del proyecto	Proponente
Verificación	Evaluación independiente del desempeño	Entidad Operacional
Certificación	Constancia escrita de la reducción	Entidad Operacional
Expedición	Expedición y distribución del los CER	Junta Ejecutiva

Cuadro 4.23 Costos de transacción para proyectos MDL

Etapa	Costo Promedio en USD
Diseño del proyecto	15.000 USD más comisión de éxito del 5% en pequeña escala
Aprobación	No tiene costo financiero
Validación	Una sola vez al inicio del ciclo valor entre

	13.300 y 35.000 USD	
Registro	Depende del número de toneladas de CO ₂ e reducidas	
	≤ 15.000 toneladas anuales	5.000 USD
Monitoreo	Esta entre 0.05 – 5 % del valor del proyecto depende de las características específicas y del tiempo de vida útil	
Verificación y Certificación	Depende del proyecto. Este costo se genera cada dos años Esta entre 3.000 y 15.000 USD por visita	
Mitigación de riesgo	1 – 3 % anual de los CER	
Cargo para fondo de Adaptación de las Naciones Unidas	2% de los CER generados anualmente	

Ante lo expuesto se calcula un costo de transacción de \$ 103.928,31 USD durante todo el ciclo del proyecto MDL, con una duración de 20 años.

Cuadro 4.24 Costos totales

Costos Directos	69.984,00 USD
Costos Indirectos	13.996,80 USD
TOTAL DE COSTOS	83.980,80 USD

4.5.2 ANALISIS DE BENEFICIOS

En forma simplificada los ingresos netos del proyecto MDL depende de:

$$V * P - T$$

V= Volumen de CER

P= Precios del mercado

T= Costos de Transacción

Ingreso neto del proyecto: Utilidad total menos el costo de transacción

Ingreso neto del proyecto 215.228,69 USD (Beneficio)

4.5.3 COSTO BENEFICIO

La relación costo beneficio de este proyecto es la siguiente:

$$\text{Relación Costo beneficio} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

$$\text{Relación Costo beneficio} = \frac{215.228,69 \text{ USD}}{83.980,8 \text{ USD}}$$

$$\text{Relación Costo beneficio} = 2.56$$

Donde: Beneficio el igual al Ingreso neto del proyecto

Costo es igual a la suma de costos directos e indirectos

Debido a que los costos y los beneficios no se dan de igual proporción en los mismos años es importante calcular otros indicadores que permiten estudiar la viabilidad y rentabilidad de un proyecto que se va a invertir como son el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Para calcular el VAN primeramente es necesario calcular el flujo de caja (CF) y determinar la Tasa de Descuento.

Para calcular el flujo de caja se debe establecer primera la tasa de descuento, se ha puesto dos escenarios, el primero donde la tasa de descuento es menor al TIR calculado es decir 5%, y la segunda una tasa más real

Como se muestra en el cuadro 4.21 se tomó un escenario de 20 años, sobre el cual se disponen todos los costos (transacción, directos e indirectos) estos se suman y se restan de la utilidad generada por la venta de CER para calcular el flujo de caja en cada año, como se puede ver hay costos que se pagan una solo vez o son periódicos (cada dos años) por lo cual se ubican algunos valores en cero. Estos valores del flujo de caja permitirán estimar el VAN y el TIR del proyecto

Cuadro 4.25 Cálculo del flujo de Caja

Año	Utilidad (USD)	COSTOS TRANSACCION (USD)	COSTO DIRECTO (USD)	COSTO INDIRECTO (USD)	COSTOS TOTAL (USD)	FLUJO DE CAJA (USD)
2011	2.600	52.848,85	0	0	52.849	-50.249
2012	4.858	670,03	7.776	700	9.146	-4.288
2013	6.829	3.739,015	6.804	700	11.243	-4.414
2014	8.559	799,565	4.860	700	6.360	2.199
2015	10.088	3.853,08	0	700	4.553	5.535
2016	11.446	900,61	0	700	1.601	9.845
2017	12.663	3.943,205	0	700	4.643	8.020
2018	13.759	981,565	0	700	1.682	12.077
2019	14.754	4.016,39	15.552	700	20.268	-5.514
2020	15.663	1.048,205	0	700	1.748	13.915
2021	16.501	4.077,535	7.776	700	12.554	3.947
2022	17.278	1.104,73	6.804	700	8.609	8.669
2023	18.004	4.130,14	4.860	700	9.690	8.314
2024	18.687	1.154,045	0	700	1.854	16.833
2025	19.333	4.176,655	0	700	4.877	14.456
2026	19.948	1.198,18	0	700	1.898	18.050
2027	20.538	4.218,83	0	700	4.919	15.619
2028	21.104	1.238,64	15.552	700	17.491	3.613
2029	21.653	4.257,855	0	700	4.958	16.695
2030	22.186	1.276,51	0	700	1.977	20.209
2031	22.705	4.294,675	0	700	4.995	17.710

El uso de la ecuación 4.5 es para calcular finalmente el VAN

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{CF}{(1+i)^j} - I = CFx \sum_{j=1}^n \frac{1}{1+i^j} - I = \quad (4.5)$$

Donde:

CF= Flujo de caja anual extra

n= Número de años que dura la instalación

i= Tasa de descuento en tanto por uno

I= Inversión inicial del proyecto

Entonces, se tiene que para una tasa de descuento de 10%:

$$\text{VAN} = \$ 1.071,40$$

Para una tasa de descuento del 12%

$$\text{VAN} = \$ -9.171,67$$

CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno se calcula resolviendo la ecuación matemática 4.6:

$$\text{VAN} = CFx \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+TIR)^j} - I = 0 \quad (4.6)$$

Donde:

CF= Flujo de caja anual extra

n= Número de años que dura la instalación

I= Tasa de descuento en tanto por uno

Se puede resolver esta ecuación con una aproximación bastante buena interpolando linealmente entre los valores negativos y positivos del VAN entorno al punto VAN= 0.

Para ello, basta aplicar la ecuación 4.7:

$$TIR = i_1 + \frac{VP \ i_2 - i_1}{VP + VN} \quad (4.7)$$

Donde:

i_1 = Tasa de descuento (en %) para la que el VAN es positivo (VP)

i_2 = Tasa de descuento (en %) para la que el VAN es negativo (VN)

VP: Valor positivo del VAN más próximo al punto VAN = 0

VN: Valor negativo del VAN más próximo al punto VAN = 0

De ello se obtiene el siguiente valor:

$$\text{TIR} = 10 \%$$

4.6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El análisis del proyecto cuenta con dos distintos puntos de vista que deben ser complementarios, aunque no necesariamente positivos en su totalidad. Los puntos a analizar serán: aspecto medioambiental y aspecto financiero.

- **Aspecto Medioambiental**

De acuerdo al modelo presentado para estimaciones de emisiones de gases precursores del efecto invernadero, se está generando un beneficio para la calidad del medio ambiente, debido a que el uso y validación de la metodología ACM0001 permite que la generación de 4.395 tCH₄ sean combustionadas gradualmente a lo largo de los 20 años de vida útil que se ha estimado en el relleno, mediante el uso de 72 antorchas que serán instaladas y dispuestas en los cubetos del relleno. La eficiencia de las antorchas es de alrededor del 76 por ciento, con esta eficiencia se logra una reducción de 3.340 tCH₄.

Para tener una idea más clara el gas CH₄ tiene un potencial de calentamiento global veinte y un veces más que el dióxido de carbono, es decir que es 21 veces más eficaz en la intercepción de calor en la atmósfera.

Por lo tanto al combustionar la mayor cantidad del tonelaje de CH₄ generado por los residuos domésticos del relleno se está dejando de enviar 70.144 tCO₂ hacia la atmósfera. Según los últimos datos del banco mundial la tasa per cápita de emisiones de CO₂ en el Ecuador es de 1,8 t, es decir que con los últimos datos de población proporcionados por el INEC, haciendo una estimación en el Ecuador se estarían emitiendo 26.070.298 tCO₂ cada año. El conjunto de toneladas que se dejan de emitir con el proyecto del relleno sanitario de Machachi corresponderían al 2,69 ‰ en relación al total de toneladas emitidas por el Ecuador en un año, si se reduce el análisis a la provincia de Pichincha que tiene un total de 2.576.287 habitantes y un total de 4.637.316 tCO₂ por año, el proyecto representa una liberación del 1,51% del total de toneladas emitidas por la provincia, mientras que para el cantón Mejía que tiene una población de 81.335 habitantes y un total de 146.403 tCO₂ por año, el proyecto representa una liberación del 47,91% del total de

toneladas emitidas por el cantón, lo cual hace evidente la importancia del proyecto para el aporte del cantón mejía en la mejora de la calidad ambiental.

En base a este análisis con la ayuda de esta metodología en el proyecto se está dando cumpliendo con los objetivos del protocolo de Kioto y aportando como uno de los pocos proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio que generan un impacto benéfico para el medio ambiente y para la imagen de los proyectos a nivel municipal del país.

- **Aspecto Financiero**

El objetivo del análisis financiero es demostrar que la actividad de proyecto propuesta no es atractiva económicamente, por lo cual se precisa el incentivo económico de un proyecto MDL. El análisis financiero contempla, únicamente, flujos de caja del proyecto.

Sin el aporte económico, de la venta de CER, a la actividad del proyecto el GAD del cantón Mejía tendría que invertir 83.980,80 USD para la reducción de emisiones. Con la implementación del proyecto como MDL se puede percibir un beneficio neto de 215.228,69 USD.

Dentro del análisis de inversiones se han calculado y estimado indicadores importantes tales como: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Costo Beneficio, de los cuales se desprende el siguiente análisis.

Costo Beneficio.- Los costos y beneficios dependen de muchas variables, por ejemplo: el valor de los CER, el volumen de los CER, el periodo de acreditación, y los costos de transacción.

El costo beneficio calculado para este proyecto es de 1.85, con que se muestra que el proyecto es rentable, sin embargo debido a que los costos y los beneficios no se dan en los mismos años es importante tomar en cuenta otros indicadores como son el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

Valor Actual Neto.- Debido a que los costos y beneficios no ocurren en los mismo años o al tiempo, es de suma importancia el cálculo de él VAN. Una de la variables que más influyen en el cálculo y estimación del Van es la Tasa de Descuento, una

alta tasa de descuento implica que los beneficios o costos del proyecto tienen menos valor, por el contrario una tasa muy baja o nula significa que los costos y beneficios tienen igual peso que en el presente. La Tasa de descuento depende del contexto nacional o local y del periodo, es decir es la tasa de retorno del mejor uso del capital. En este caso de estudio se han estipulado dos tasa de descuento una de 5% y la otra del 10%.

Con la Tasa de descuento del 10% la estimación del VAN es de 1.071,40 USD, con lo que se puede decir que el proyecto es rentable puesto que el VAN es mayor a cero, es decir es positivo.

Con la Tasa de descuento del 12% la estimación den VAN es de -9.171,67 USD, con la se puede decir que el proyecto no es rentable. Sin embargo comparado con el costo de actividad sin ser considerado MDL, existe un ahorro importante para el GAD del cantón Mejía.

Tasa Interna de Retorno.- La Tasa interna de retorno, mientras más elevado sea el TIR más rentable es el proyecto. Con la implementación del proyecto como MDL el TIR sube a 10%.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente estudio bibliográfico se obtuvieron los siguientes resultados referentes a los siguientes puntos: caracterización y establecimiento de una línea base, estimación de la huella de carbono en términos de CO₂ equivalente, determinación del escenario más plausible para la implementación de un proyecto MDL que mitigue el impacto ambiental del relleno, cálculo de CER, análisis financiero y análisis ambiental. Con la finalidad de poder validar mediante el uso de la metodología ACM000,1 el desarrollo de un proyecto MDL en el relleno sanitario del cantón Mejía.

Mediante la aplicación de la metodología ACM0001 en el relleno sanitario del cantón Mejía se realizó la estimación los CER en un periodo de 20 años para lo cual se estimaron 92,295 tCO₂ en línea base y con la implementación de la actividad del proyecto estas emisiones se reducirían a 22,151 tCO₂e en el mismo periodo de tiempo con lo cual se tendría una producción de CER de 70,144 tCO₂e en el periodo ya mencionado, los mismos que pueden ser vendidos en el mercado de carbono a cualquier país interesado.

Caracterización y Establecimiento de una Línea Base

- En el Relleno sanitario del cantón Mejía se depositan 40,37 t/día de residuos sólidos, estos contienen un 35,64% de sólidos reciclables inertes, un 52,97% de residuos de comida, un 0,86% de lodos, un 4,19% de papel y cartón, un 2,64% de residuos de parques y jardines, un 3,52% de residuos textiles y un 0,18% de residuos maderables.
- El relleno sanitario bajo análisis actualmente cuenta con un sistema de recuperación parcial y quema de biogás pero sin ningún tipo de cálculo de

emisiones. Por lo tanto, la línea de base del proyecto es la liberación no controlada de gas de relleno sanitario hacia la atmósfera.

Estimación de la Huella de Carbono en términos de CO₂ equivalente

- Mediante el uso de la Metodología ACM0001 se estimó la huella de carbono que en veinte años el relleno emitirá a la atmósfera, debido únicamente a la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos confinados en las celdas, con lo cual se calcula que la huella de carbono del relleno del cantón Mejía es de 92,295 toneladas de carbono equivalente.

Determinación del escenario más plausible para la implementación de un proyecto MDL

Se determinó que son posibles cuatro escenarios para la actividad del relleno, los cuales son:

- Ninguna clase de proyecto de recuperación ni reducción del gas de relleno sanitario es implementado.
- Se encara el proyecto, recolección y quema de gas CH₄, como una actividad de proyecto no MDL.
- Se implementa un proyecto de recolección y quema de CH₄ como un proyecto MDL.
- Generación de electricidad a partir del CH₄ presente en el gas de relleno sanitario extraído como proyecto MDL.

Mediante el análisis de barreras se determinó que el escenario más plausible es implementar un proyecto de recolección y quema de CH₄ como un proyecto MDL, debido a que se reduce el impacto ambiental por la reducción de emisiones de carbono equivalente, y se percibe beneficio económico por la venta de CER, además que el proyecto cumpliría con el requisito de adicionalidad, indispensable para que sea aprobado como proyecto MDL, dado que el GAD cumple con las regulaciones sobre el manejo de gases de relleno sanitario y no recibiría mayor beneficio que el de la venta de los CER. Por lo cual el planteamiento de una propuesta de generación de electricidad no es la mejor

opción y ha sido descartada por lo difícil que es competir con el gas subsidiado por el estado que es mucho más económico, lo cual reduce considerablemente el atractivo de aprovechamiento de biogás. Con lo expuesto se puede asegurar que el proyecto escogido enmarca dentro de un Mecanismo de Desarrollo Limpio y podrá integrarse al mercado de este tipo de proyectos para beneficio del relleno.

Análisis Financiero

- Debido a la venta de los CER estimados, como bono de carbono, se podría generar una utilidad neta de 319,157 USD en el periodo estimado. Los costos de transacción por la validación del proyecto como MDL son de 103.928,31 USD, dejando un ingreso neto del proyecto igual a 215.228,69 USD.
- La estimación de la relación Costo – Beneficio del proyecto es 2,56, que es mayor a uno, y demuestra que es viable. El Valor actual neto calculado con una tasa de descuento del 10% es de 1.071,40 USD. La Tasa Interna de retorno estimada es del 10%. Estos parámetros nos indican que el proyecto permitirá la recuperación de la inversión puesto que el VAN es positivo y generará una ganancia.
- El VAN a pesar de ser positivo es pequeño, esto indica que el tipo de proyecto no busca el enriquecimiento y generación de capital, más bien busca la disminución de los impactos ambientales.

Análisis Ambiental

- Con la implementación de la actividad del proyecto se genera un beneficio en la calidad ambiental, ya que se evita el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, 70.144 tCO₂ están dejarían de ser emitidas lo cual corresponde al 47,91% del total de toneladas emitidas por el cantón Mejía en un año.
- El ingreso neto del proyecto permitirá la inversión para las mejoras de las prácticas ambientales en el manejo de los residuos en el relleno, con lo cual se cuenta con un capital adicional para que el manejo de los procesos de

operación del relleno sanitario mejore y así disminuya la contaminación relacionada con la producción de residuos sólidos municipales.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para el cálculo de la línea base, se debe definir primero la climatología del lugar a estudiar, luego hacer una clasificación de los residuos según las características de la naturaleza de cada residuo para poder determinar las constantes de descomposición que serán fundamentales para el cálculo de las emisiones en la línea base y el proyecto con la ecuación 4.1.
- El análisis económico es importante pero no fundamental, como se puede observar el valor del VAN a pesar de ser positivo es pequeño.
- Para rellenos sanitarios de bajo tonelaje como el del cantón Mejía con una población inferior a los 100.000 habitantes, no es viable realizar proyectos de aprovechamiento de biogás para generación de energía porque la cantidad de residuos que tienen la capacidad de producir biogás es muy inferior a la de una población 20 veces mayor como la de Quito. Además, el relleno cuenta con una planta de compostaje que evita que gran parte de los residuos de fácil biodegradación se entierren..
- Se pueden incluir varios proyectos de mitigación a pequeña escala de manera que se sumen a la reducción de emisiones y presentar un MDL macro de rellenos en el Ecuador para aumentar los beneficios de la reducción de emisiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barnosky Anthony D., (2009), Heatstroke: Nature in Age of Global Warming, Washington DC, Island Press.
2. Barros D., Ortiz J., (2010) Evaluación de rendimientos en el sistema de gestión final de los residuos sólidos del Cantón Mejía, Quito.
3. Baum Seth D., Haqq-Misra Jacob D., Karmosky C., (2012) Climate Change: Evidence of human causes and arguments for emissions reduction, Pennsylvania.
4. Camargo Y., Vélez, A., (2009), Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios, Santa Marta.
5. Henry J., Heinke, G., (1999), Ingeniería Ambiental, México , Pearson Educación.
6. IPCC, (2007), "Fourth Assessment Report" Switzerland : Core Writing Team.
7. IPCC, (2001), "Third Assessment Report - Climate Change".
8. Lafferriere R., (2008), El Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto, Buenos Aires, Lulu.
9. Maslin M., (2007), Global Warming: Causes, Effects, and the Future, China, MBI Publishing Company.
10. ONU, (1992), "Convención Marco de las Naciones Unidas para Cambio Climático" , New York.
11. ONU, (1998), Protocolo de kyoto de la CMNUCC , Kyoto.
12. Empresa metropolitana de gestión integral de residuos, (2010) "Presupuesto Inga Fase II, Quito.

13. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., (1994), Gestión Integral de Residuos Sólidos, Madrid, McGraw-Hill.
14. Valenzuela D., Dinatta G., (2008), "Guía Ecuatoriana para la Formulación de Proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio" p. 160.

Páginas Web

1. Agency European Environment European Climate Exchange, (Agosto 25, 2012), <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data-providers-and-partners/european-climate-exchange>.
2. Cristina Acosta Loyola María, Propuesta para la gestión integral de residuos sólidos en la ciudad de Vinces, provincia de los Ríos, (Agosto 22, 2012), <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/827/1/T-ESPE-025065.pdf> .
3. Exchange Carbon Trade, Sell Carbon Credits, (Agosto 25, 2012), <http://carbontradexchange.com/component/rsform/form/4-request-a-demo-form.html>.
4. INEC Censo de población y vivienda 2010, Redatam., (Agosto 22, 2012), <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl>.
5. PNUD, Tendencias Regionales y Nacionales del Índice de Desarrollo Humano por 1980 a 2011, (Agosto 16, 2012), <http://hdr.undp.org/es/datos/tendencias/>.
6. SEMARNAT, Hacia una economía verde municipal, (Febrero 13, 2012), http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Presentaciones%20Secretario/Hacia_una_Economia_Verde_Municipal_18102011.pdf.
7. UNFCCC, Project Search, (Agosto 18, 2012), <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>.

ANEXOS

ANEXO 1

SIGLAS Y ABREVIATURAS

Tabla de Abreviaturas y siglas

ACM	Metodología consolidada aprobada
AM	Metodología aprobada
BE	Emisiones de la línea base
CER	Certificados de Reducción de Emisiones
CH ₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
ER	Reducción de emisiones
GAD	Gobierno autónomo descentralizado
GEI	Gases de efecto invernadero
GRSU	Gestión de residuos sólidos urbanos
MDL	Mecanismo de desarrollo limpio
PNGIDS	Programa nacional para la gestión integral de desechos sólidos
PoAs	Programa de actividades
TIR	Tasa interna de retorno
tCO ₂ e	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
VAN	Valor actual neto
VOC	Compuestos orgánicos volátiles
USD	Dólares americanos
€	Euros

ANEXO 2

ANEXOS A Y B DEL PROTOCOLO DE KYOTO

Anexo A

Gases de efecto invernadero

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Oxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Sectores/categorías de fuentes

Energía

Quema de combustible

- Industrias de energía
- Industria manufacturera y construcción
- Transporte
- Otros sectores
- Otros

Emisiones fugitivas de combustibles

- Combustibles sólidos
- Petróleo y gas natural
- Otros

Procesos industriales

- Productos minerales
- Industria química
- Producción de metales
- Otra producción
- Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
- Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
- Otros

Utilización de disolventes y otros productos

Agricultura

- Fermentación entérica
- Aprovechamiento del estiércol
- Cultivo del arroz
- Suelos agrícolas
- Quema prescrita de sabanas
- Quema en el campo de residuos agrícolas
- Otros

Desechos

- Eliminación de desechos sólidos en la tierra
- Tratamiento de las aguas residuales
- Incineración de desechos
- Otros

Anexo B

Compromiso cuantificado de limitación o
reducción de las emisiones (% del nivel del
año o periodo de base)

Parte	
Alemania	92
Australia	108
Austria	92
Bélgica	92
Bulgaria*	92
Canadá	94
Comunidad Europea	92
Croacia*	95
Dinamarca	92
Eslovaquia*	92
Eslovenia*	92
España	92
Estados Unidos de América	93
Estonia*	92
Federación de Rusia*	100
Finlandia	92
Francia	92
Grecia	92
Hungría*	94
Irlanda	92
Islandia	110
Italia	92
Japón	94
Letonia*	92
Liechtenstein	92
Lituania*	92
Luxemburgo	92
Mónaco	92
Noruega	101
Nueva Zelandia	100
Países Bajos	92
Polonia*	94
Portugal	92
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	92
República Checa*	92
Rumania*	92
Suecia	92
Suiza	92
Ucrania*	100

ANEXO 3

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN MEJÍA

El vehículo fue vaciado en el área destinada a la clasificación, se procedió a romper las fundas que contenían residuos, con ayuda de la minicargadora se homogenizó el material, al final por medio de una cuerda se determinó los cuartetos, uno de ellos fue el analizado. El personal separó el material seleccionado al azar, en las siguientes cinco categorías:

- Plásticos y caucho
- Papel y cartón
- Residuos de madera
- Residuos orgánicos (poda de césped, desechos de cocina, entre otros orgánicos)
- Todos los residuos inorgánicos (incluyendo: vidrio, metales, etc.)

Las caracterizaciones se realizaron en las fechas: 17 de mayo del 2012 - Aloag, 24 de mayo del 2012 - Tambillo, 29 de mayo del 2012 - Aloasi, 31 de mayo del 2012 Cutuglagua y 04 de junio del 2012 Uyumbicho.

Cumpliendo el protocolo de caracterización de lo cual se desprende los datos siguientes:

PRIMERA CARACTERIZACIÓN - 17 de mayo del 2012 - Aloag

MATERIAL	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE ¼ DEL GLOBAL DE LA MUESTRA (%)
PLÁSTICO Y CAUCHO	35,6	21,63	2,56
RESIDUOS INORGÁNICOS(METAL Y VIDRIO)	21	12,76	1,51
RESIDUOS ORGÁNICOS	88,8	53,95	6,39
RESIDUOS DE MADERA	5,8	3,52	0,42
PAPEL Y CARTÓN	13,4	8,14	0,96
TOTAL	164,6	100	11,84

Elaborado: Ing. Susana Armijos – Ing. Maria Teresa Albuja

Cantidad de material recuperado y material no recuperado.

	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)
MATERIAL RECICLABLE	164,6	11,84
MATERIAL NO RECICLABLE	1225,4	88,16
TOTAL MUESTRA	1390	100

El total de la muestra analizada tiene un peso de 1390 kg que corresponde al 100%, de los cuales el 88,16% es material no recuperado (papel higiénico, tierra proveniente de barrido, toallas sanitarias, pañales, restos de peluquería, excrementos, textiles, esponjas, varios.) y el 11,84% está constituido por material recuperado como se detalla a continuación: Plástico y Caucho 2,56%, Residuos Inorgánicos (Metal Y Vidrio) 1,51%, Residuos Orgánicos 6,39%, Residuos de Madera 0,42%, Papel y Cartón 0,96%.

SEGUNDA CARACTERIZACIÓN 24 de mayo del 2012 - Tambillo

MATERIAL	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE ¼ DEL GLOBAL DE LA MUESTRA (%)
PLÁSTICO Y CAUCHO	86,4	45,96	6,3
RESIDUOS INORGÁNICOS(METAL Y VIDRIO)	15,2	8,09	1,11
RESIDUOS ORGÁNICOS	40,8	21,7	2,97
RESIDUOS DE MADERA	10,4	5,53	0,76
PAPEL Y CARTÓN	35,2	18,72	2,56
TOTAL	188	100	13,7

Elaborado: Ing. Susana Armijos – Ing. Maria Teresa Albuja

Cantidad de material recuperado y material no recuperado.

	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)
MATERIAL RECICLABLE	188	13,7
MATERIAL NO RECICLABLE	1184,5	86,3
TOTAL MUESTRA	1372,5	100

El total de la muestra analizada tiene un peso de 1372,5 kg que corresponde al 100%, de los cuales el 86,3% es material no recuperado (papel higiénico, tierra proveniente de barrido, toallas sanitarias, pañales, restos de peluquería, excrementos, textiles, esponjas, varios.) y el 13,7% está constituido por material recuperado como se detalla a continuación: Plástico y Caucho 6,3%, Residuos Inorgánicos (Metal Y Vidrio) 1,11%, Residuos Orgánicos 2,97%, Residuos de Madera 0,76%, Papel y Cartón 2,56%.

TERCERA CARACTERIZACIÓN 29 de mayo del 2012 - Aloasi

MATERIAL	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE ¼ DEL GLOBAL DE LA MUESTRA (%)
PLÁSTICO Y CAUCHO	61	33,795	4,31
RESIDUOS INORGÁNICOS(METAL Y VIDRIO)	18,1	10,425	1,28
RESIDUOS ORGÁNICOS	64,8	37,825	4,58
RESIDUOS DE MADERA	8,1	4,525	0,57
PAPEL Y CARTÓN	24,3	13,43	1,71
TOTAL	176,3	100	12,46

Elaborado: Ing. Susana Armijos – Ing. Maria Teresa Albuja

Cantidad de material recuperado y material no recuperado.

	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)
MATERIAL RECICLABLE	176,3	12,46
MATERIAL NO RECICLABLE	1238,7	87,54
TOTAL MUESTRA	1415	100

El total de la muestra analizada tiene un peso de 1415 kg que corresponde al 100%, de los cuales el 87,54% es material no recuperado (papel higiénico, tierra proveniente de barrido, toallas sanitarias, pañales, restos de peluquería, excrementos, textiles, esponjas, varios.) y el 12,46% está constituido por material recuperado como se detalla a continuación: Plástico y Caucho 4,31%, Residuos Inorgánicos (Metal Y Vidrio) 1,28%, Residuos Orgánicos 4,58%, Residuos de Madera 0,57%, Papel y Cartón 1,71%.

CUARTA CARACTERIZACIÓN - 31 de mayo del 2012 - Cutuglagua

MATERIAL	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE ¼ DEL GLOBAL DE LA MUESTRA (%)
PLÁSTICO Y CAUCHO	99,3	50,18	6,58
RESIDUOS INORGÁNICOS(METAL Y	6,5	3,28	0,43

MATERIAL	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE ¼ DEL GLOBAL DE LA MUESTRA (%)
VIDRIO)			
RESIDUOS ORGÁNICOS	76,3	38,55	5,06
RESIDUOS DE MADERA	6,1	3,08	0,40
PAPEL Y CARTÓN	9,7	4,90	0,64
TOTAL	197,9	100	13,11

Elaborado: Ing. Susana Armijos – Ing. Maria Teresa Albuja

Cantidad de material recuperado y material no recuperado.

	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)
MATERIAL RECICLABLE	197,9	13,11
MATERIAL NO RECICLABLE	1311,1	86,89
TOTAL MUESTRA	1509	100

El total de la muestra analizada tiene un peso de 1509 kg que corresponde al 100%, de los cuales el 86,89% es material no recuperado (papel higiénico, tierra proveniente de barrido, toallas sanitarias, pañales, restos de peluquería, excrementos, textiles, esponjas, varios.) y el 13,11% está constituido por material recuperado como se detalla a continuación: Plástico y Caucho 6,58%, Residuos Inorgánicos (Metal Y Vidrio) 0,43%, Residuos Orgánicos 5,06, Residuos de Madera 0,40%, Papel y Cartón 0,64%.

QUINTA CARACTERIZACIÓN - 04 de Junio de 2012 Uyumbicho.

MATERIAL	PESO KG	PORCENTAJE	PORCENTAJE DE ¼ DEL GLOBAL DE LA MUESTRA
PLÁSTICO Y CAUCHO	103,2	46,44	7,03
RESIDUOS INORGÁNICOS(METAL Y VIDRIO)	7,1	3,2	0,48
RESIDUOS ORGÁNICOS	96,4	43,38	6,57

MATERIAL	PESO KG	PORCENTAJE	PORCENTAJE DE ¼ DEL GLOBAL DE LA MUESTRA
RESIDUOS DE MADERA	5,2	2,34	0,35
PAPEL Y CARTÓN	10,3	4,63	0,70
TOTAL	222,2	100	15,15

Elaborado: Ing. Susana Armijos – Ing. Maria Teresa Albuja

Cantidad de material recuperado y material no recuperado.

	PESO KG	PORCENTAJE
MATERIAL RECICLABLE	222,2	15,15
MATERIAL NO RECICLABLE	1244,8	84,85
TOTAL MUESTRA	1467	100

El total de la muestra analizada tiene un peso de 1467 kg que corresponde al 100%, de los cuales el 84,85% es material no recuperado (papel higiénico, tierra proveniente de barrido, toallas sanitarias, pañales, restos de peluquería, excrementos, textiles, esponjas, varios.) y el 15,15% está constituido por material recuperado como se detalla a continuación: Plástico y Caucho 7,03%, Residuos Inorgánicos (Metal Y Vidrio) 0,48%, Residuos Orgánicos 6,57, Residuos de Madera 0,35%, Papel y Cartón 0,70%.

Los datos de recolección de desechos hospitalarios se detallan en el siguiente cuadro adjunto:

RECOLECCIÓN DESECHOS BIOPELIROSOS	
Diciembre-2011	1248 kg.
Enero-2012	1320,75 kg.
Febrero-2012	1785,5 kg.
Marzo-2012	1355 kg.
Abril-2012	1474,75 kg.
Mayo-2012	1242,75 kg.

3.- Hallazgos

- Dentro de las categorías solicitadas se encontraba neumáticos, pero en las muestras determinadas no se localizó dichos materiales por tanto no se presenta en las tablas.
- Por medio de la caracterización se pudo determinar que en promedio un 85% es material no recuperable, es decir es dispuesto en el relleno sanitario.
- El porcentaje de residuos orgánicos es inferior al de residuos inorgánicos.
- El mayor porcentaje de los materiales recuperables es plástico.
- Se encontró dentro de las muestras tomadas una mínima cantidad de textiles.



Foto N° 1 - Cuarteo a analizar



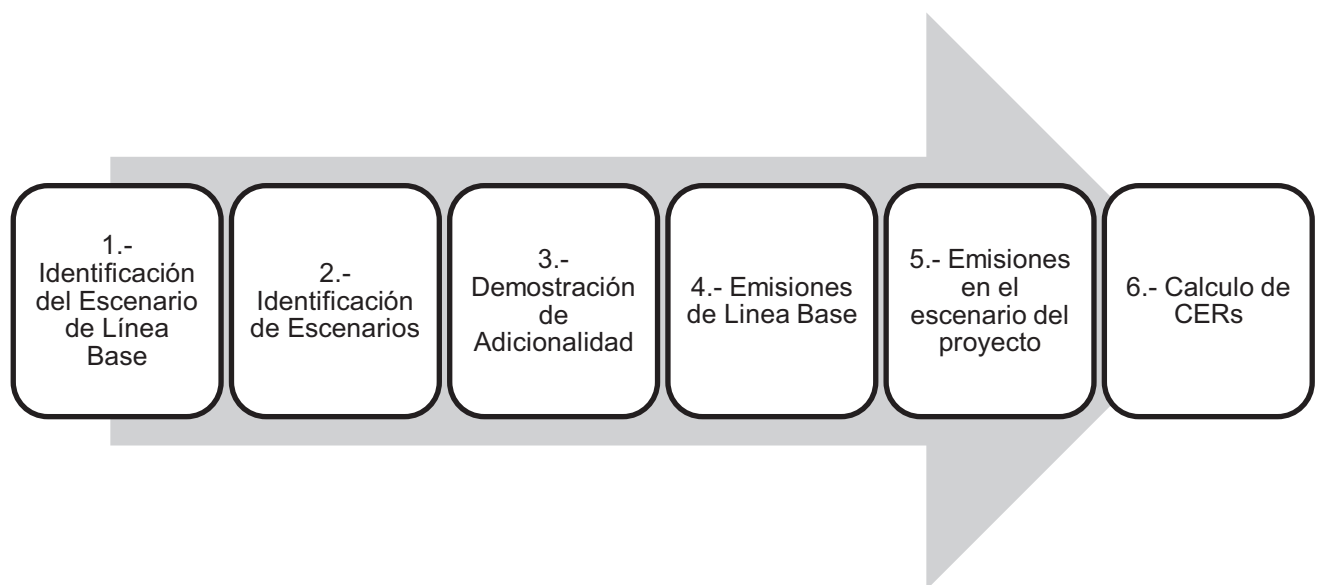
Foto N° 2 – Clasificación de materiales por categorías

ANEXO 4

FLUJOGRAMAS DE PROCESOS DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACM0001

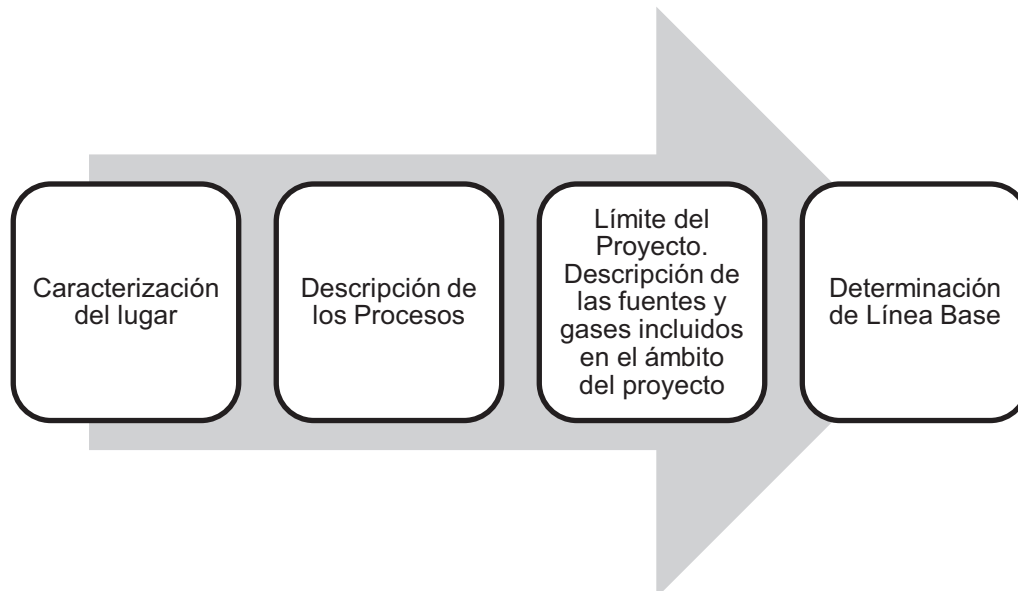
FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE CÁLCULO

De manera general el flujo de proceso de cálculo de CERs usando la metodología ACM0001 tiene el siguiente diagrama

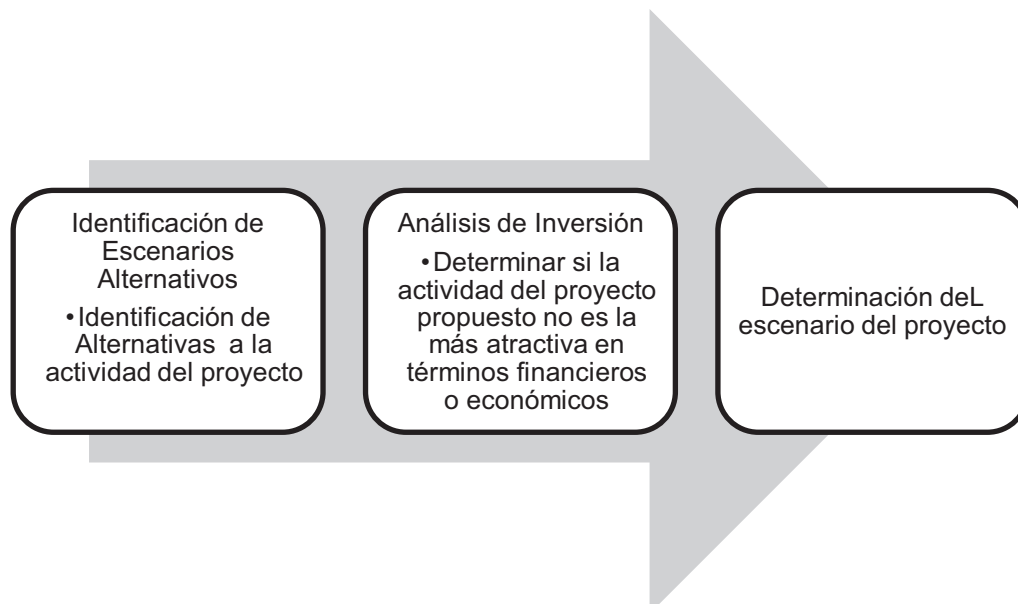


A continuación se detalla el flujograma para cada uno de los procesos mencionados

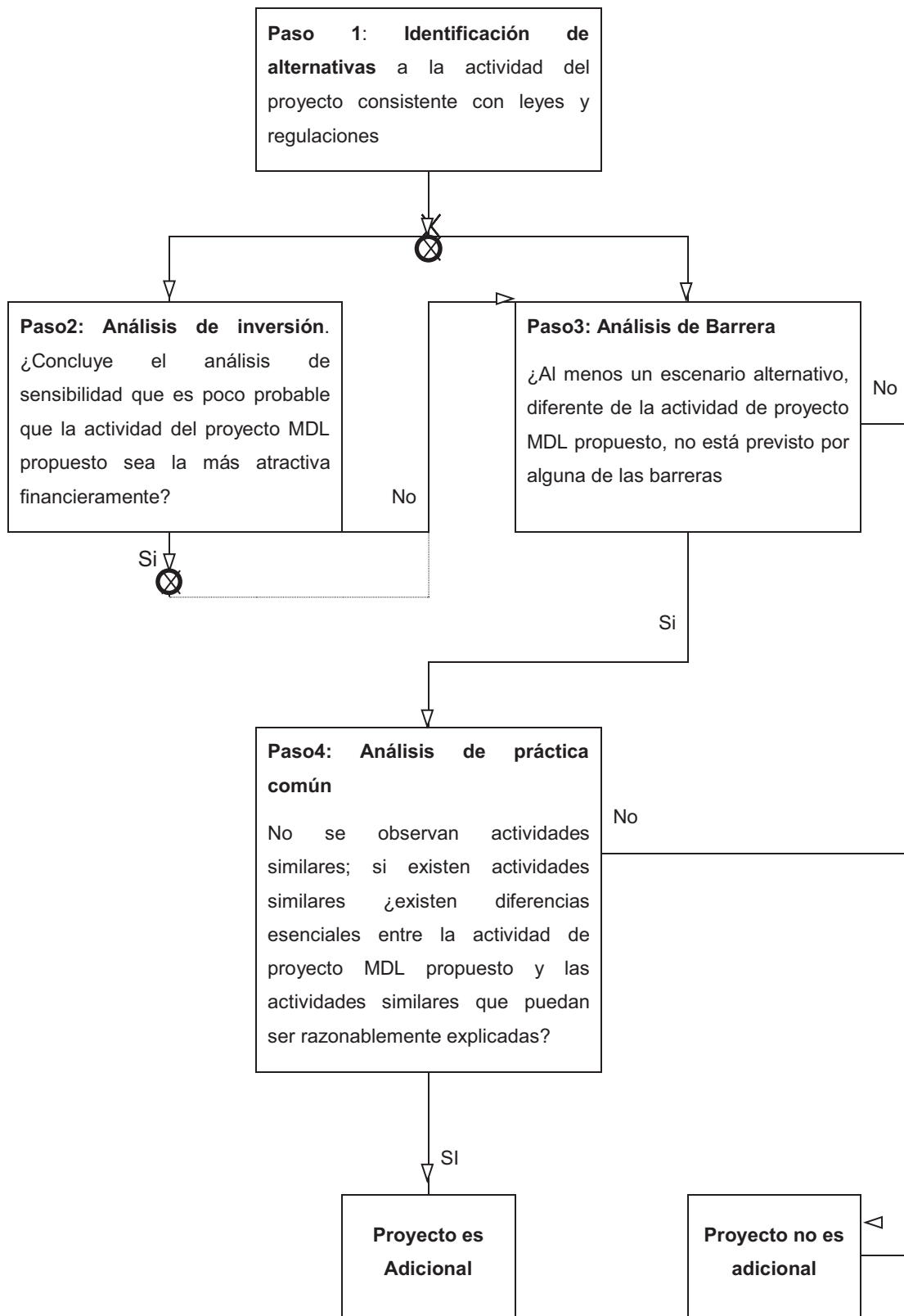
1.- FLUJOGRAMA DE LA IDENTIFICACION DEL ESCENARIO DE LINEA BASE



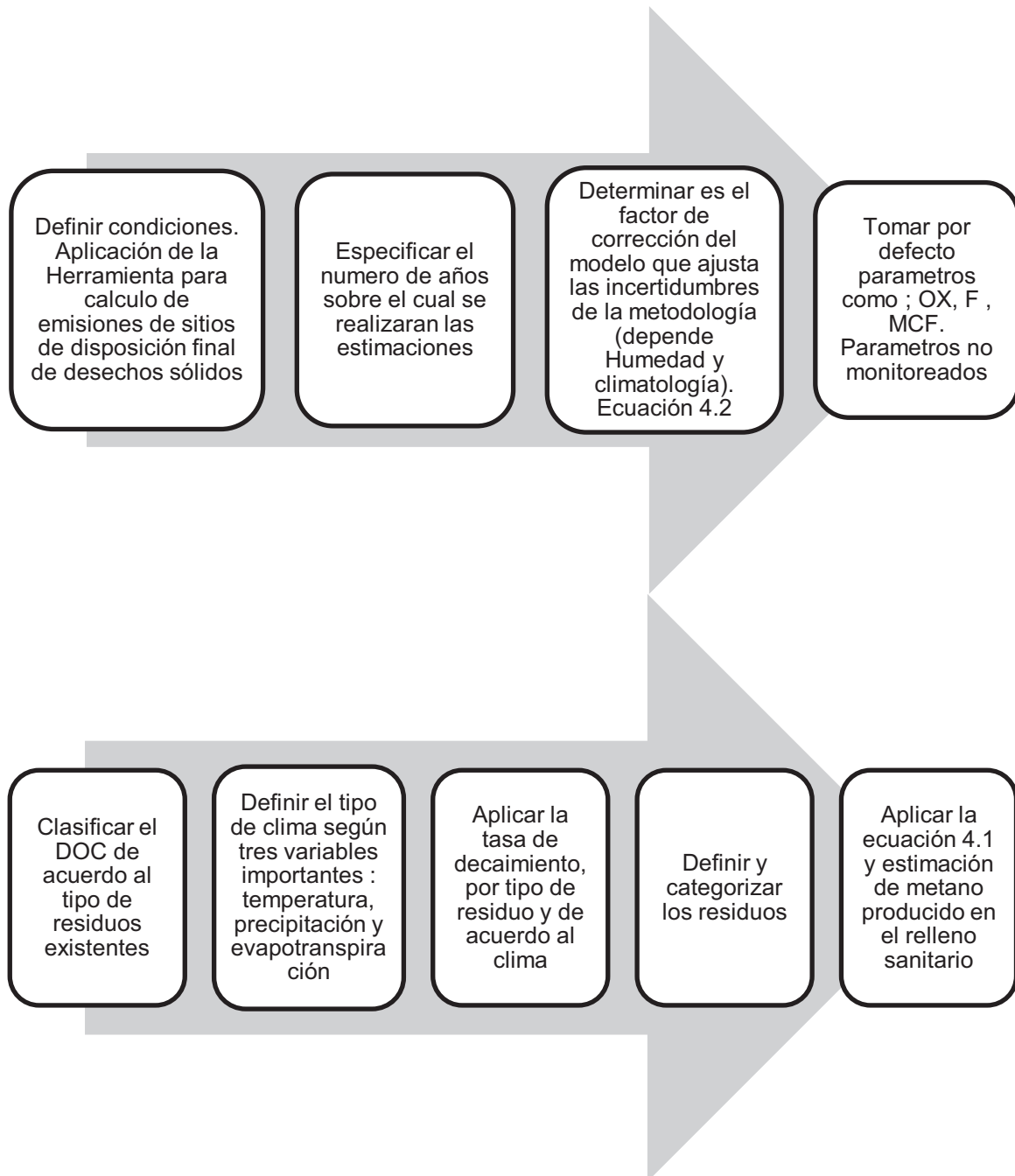
2.- FLUJOGRAMA DE LA IDENTIFICACION DEL ESCENARIO DEL PROYECTO



3.- FLUJOGRAMA DE E ADICIONALIDAD



4.- FLUJOGRAMA DE EMISIONES DE LÍNEA BASE



$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \varphi_y \cdot (1 - f_y) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1 - OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_{f,y} \cdot MCF_y \cdot \sum_{x=1}^y W_{j,x} \cdot$$

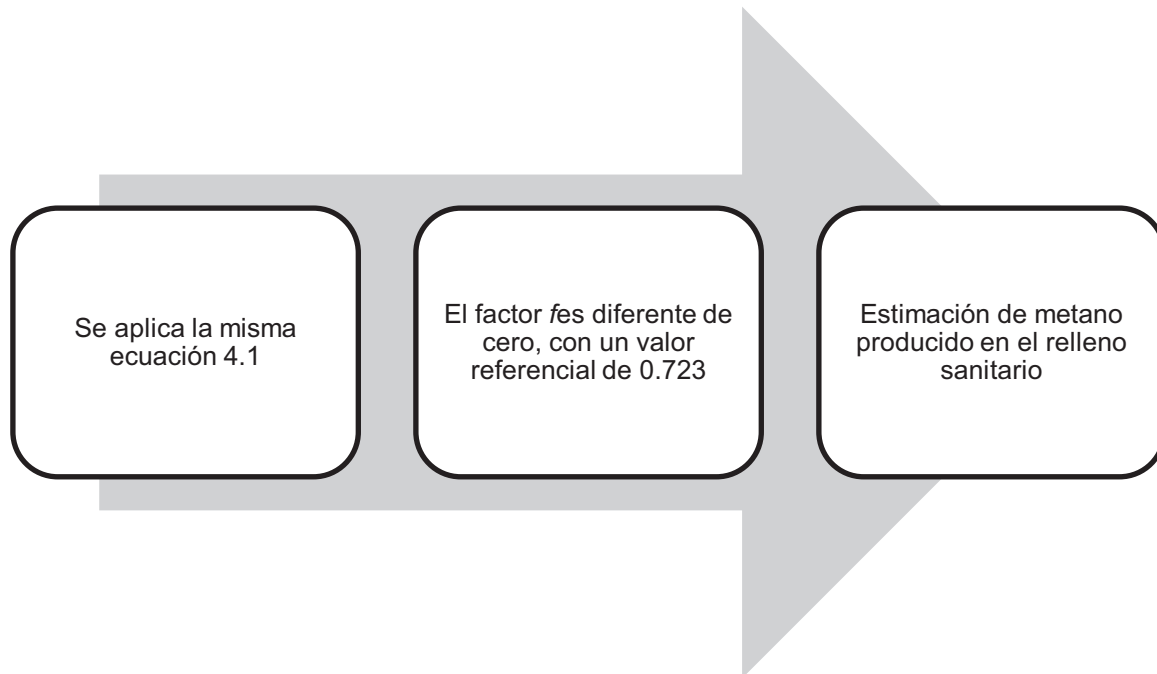
$$DOC_j \cdot e^{-k_j \cdot y-x} \cdot (1 - e^{-k_j})$$

(4.1)

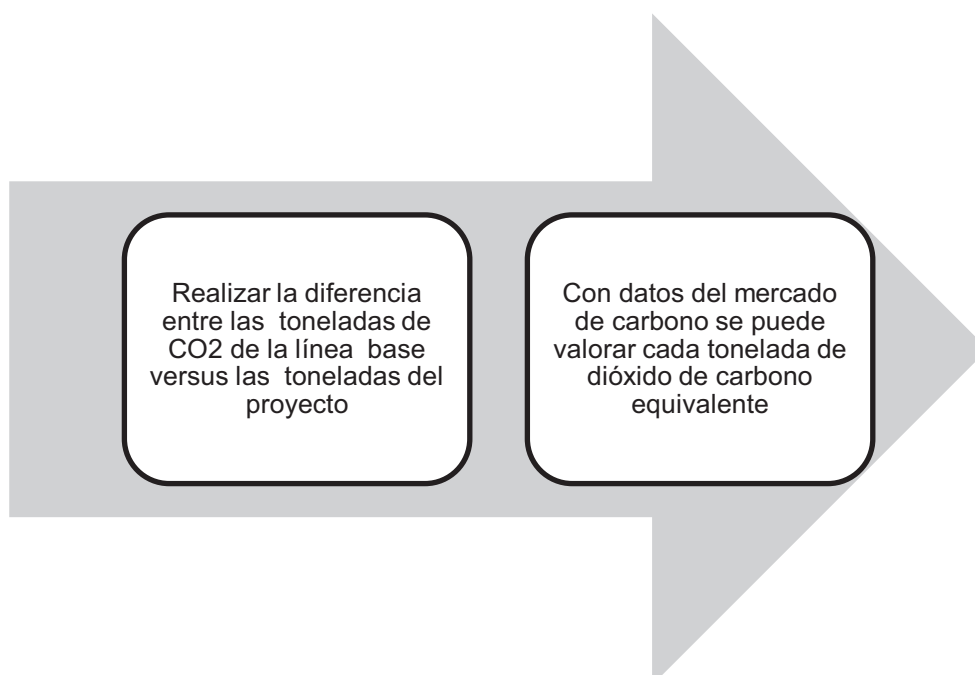
$$\varphi_y = \frac{1}{(1+V_y)}$$

(4.2)

5.- FLUJOGRAMA DE EMISIONES EN EL ESCENARIO DEL PROYECTO



6.- FLUJOGRAMA DEL CALCULO DE CERS



ANEXO 5

**ORDENANZA 229 DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN
MEJÍA**

ORDENANZA QUE REGULA EL FUNCIONAMIENTO DEL “CENTRO DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN MEJÍA”

CONSIDERANDO

Que la Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 10 reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos;

Que el artículo 14 de la Constitución de la República reconoce a la población el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados;

Que el artículo 15 de la Constitución de la República señala que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto;

Que el artículo 66, numeral 27 de la Constitución de la República garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza;

Que el artículo 83, numeral 6 de la Constitución de la República establece que son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, entre otros, el respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible;

Que el artículo 276, numeral 4 de la Constitución de la República señala que el régimen de desarrollo tendrá entre otros los siguientes objetivos, recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural;

Que el artículo 313 de la Constitución de la República señala que el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar, y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia, y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Que el artículo 240 de la Constitución de la República determina que los gobiernos autónomos descentralizados tendrán facultades legislativas en el ámbito de sus competencias y jurisdicciones y que ejercerán las facultades ejecutivas en el ámbito de sus competencias y jurisdicciones territoriales.

Que el artículo 264, numeral cuarto de la Constitución de la República establece que los gobiernos municipales tienen, entre otras competencias exclusivas, el prestar el servicio público de manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental;

Que el artículo 415 de la Constitución de la República establece que los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos;

Que la Ley Orgánica de Régimen Municipal en su artículo 14 establece las funciones primordiales del municipio que en su numeral 3a que enuncia “Recolección procesamiento o utilización de residuos”, el numeral 16a enuncia “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente en coordinación con las entidades afines”.

Que el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, libro VI, título II, artículo 30 que habla sobre las Políticas Nacionales de Residuos Sólidos señala que el Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional la gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que

contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales que se determinan en el mismo cuerpo normativo;
De acuerdo al art. 148 de la Ley Orgánica de Régimen Municipal, en su inciso G establece “como servicios públicos locales a cargo de la Municipalidad el aseo público, tratamiento de basura, residuos y demás(....)

CAPITULO I

DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS

Art. 1: La gestión integral de los desechos y residuos sólidos en el Cantón Mejía se realizará de conformidad con los lineamientos establecidos en el Plan Municipal de Gestión Integral de Desechos y Residuos Sólidos, el cual será aprobado por el I. Concejo mediante resolución.

Art. 2: El Plan Municipal de Gestión Integral de Desechos y Residuos Sólidos será elaborado por una comisión que el Alcalde designe para estos efectos, integrada por un representante de cada una de las áreas de gestión municipal involucradas.

Art. 3: El Plan Municipal de Gestión Integral de Desechos y Residuos Sólidos deberá ser elaborado en concordancia con lo establecido en la legislación vigente. En su elaboración se deberán tomar en cuenta los aspectos sociales, económicos, sanitarios y ambientales como también aspectos de seguridad industrial y salud ocupacional de los trabajadores del servicio de aseo y centro de tratamiento; promoviendo la utilización de las últimas tecnologías existentes y procesos que mejor se adapten a las necesidades y características de los espacios y presupuesto municipales, con la finalidad de optimizar las fases de ejecución y operatividad, control, fiscalización y supervisión de la gestión.

Art. 4.- Las actividades de tratamiento o procesamiento de los desechos y residuos generados en la jurisdicción del Cantón de Mejía se regirán por las Políticas, Leyes y demás disposiciones técnicas que rigen la materia.

CAPITULO II

DE LA GENERACIÓN

Art. 5.- La Municipalidad tiene la obligación de recoger toda la basura que no sea considerada peligrosa según la normativa nacional vigente; y que se encuentre debidamente clasificada en las categorías dispuestas por esta Ordenanza.

Art. 6.- No se recogerá la basura que pudiera afectar la salud de los trabajadores encargados del servicio y/o pueda afectar el funcionamiento de los vehículos de recolección, plantas de tratamiento, sitios de disposición final y/o relleno sanitario; los técnicos de la Dirección Municipal de Servicios Públicos e Higiene, serán los responsables de declarar la posible afectación antes señalada, de acuerdo al Reglamento Nacional de Manejo de Desechos Tóxicos y Peligrosos.

Así mismo la basura que sea considerada como peligrosa por su contenido y/o procedencia, solo podrá ser eliminada en el Relleno Sanitario una vez que se demuestre que se le ha dado un tratamiento previo necesario, o que haya eliminado los niveles de toxicidad de modo tal que no afecte al normal funcionamiento de dicho relleno, los residuos deberán contar con los requerimientos técnicos correspondientes para ingresar al Centro para esto se procederá solo con la previa autorización de los técnicos responsables de la Dirección Municipal de Servicios Públicos e Higiene.

CAPÍTULO III

CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS:

Art. 7.- Para efectos de la implementación de la presente ordenanza los desechos tendrán la siguiente clasificación, la misma que podrá ser modificada dependiendo de las posibilidades técnicas de los sistemas de tratamientos disponibles.

1. DESECHOS ORGÁNICOS:

- a. Restos de Comida, como cáscaras de frutas, verduras, sobras de comida;
- b. Restos de Plantas, como desechos de jardinería;
- c. Restos de Madera como aserrín, viruta.

2. MATERIALES RECICLABLES:

- a. Papel: Papel de oficinas, papel periódico, revistas, cartulinas, cuadernos y libros;
- b. Cartón: Cajas de cartón para embalar, empaques de productos;
- c. Plásticos: Envases de bebidas gaseosas, agua y refrescos; jabs de bebidas alcohólicas y no alcohólicas; utensilios de cocina, muebles plásticos; bolsas plásticas, baldes, juguetes, tubos de PVC; cubetas, cuerdas plásticas, y otros tipos de plásticos.
- d. Vidrio: Envases de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, frascos de mermeladas, salsas o conservas.
- e. Caucho. Como botas, zapatillas, sandalias.
- f. Metales: bronce, cobre, aluminio, hierro.

3. OTROS MATERIALES:

- a. Ropa y trapos:
- b. Artículos de espuma:
- c. Artículos de goma y hule:

4. DESECHOS DE MANEJO ESPECIAL:

- a. Pilas y baterías:
- b. Aceites usados:
- c. Desechos Hospitalarios: infecciosos, cortopunzantes y especiales
- d. Focos fluorescentes
- e. Envases de productos tóxicos

5. MATERIAL DE ESCOMBROS:

- a. Materiales Pétreos;
- b. Cerámicos, etc.

CAPITULO IV

DE LOS RECIPIENES, TIPOS, Y UTILIZACION

Art. 8.- Los recipientes de almacenamiento intradomiciliar que serán utilizados para la recolección de desechos son los siguientes:

1. **Recipiente color verde:** Para desechos orgánicos los que deberán ser entregados al vehículo recolector destinado para este material en el horario y frecuencia correspondientes y sin ningún tipo de material plástico, metálico o restos que no sean biodegradables.
2. **Recipiente color negro:** materiales reciclables como cartón, plástico, vidrio, papel y otros materiales; desechos de baño envolturas serán depositados sin residuos orgánicos o tóxicos.
3. **Los Generadores de Desechos Hospitalarios.-** Los desechos hospitalarios, deberán ser entregados al vehículo recolector especial en fundas de color rojo, y

completamente estabilizados o neutralizados en los horarios y frecuencias establecidas por la Dirección de Servicios Públicos e Higiene. El manejo de este tipo de desechos estarán acorde a los lineamientos del Reglamento de manejo de los desechos sólidos en los establecimientos de salud emitido por el Ministerio de Salud Pública.

Art. 9.- Los recipientes de desechos comunes (verde y negro) deberán ser sacados a la vía pública en los horarios establecidos y difundidos por el Municipio de Mejía.

CAPITULO V DEL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO

• TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS

Art. 10.-La utilización del Sistema de Tratamientos de Desechos y Residuos Sólidos en el Cantón Mejía dependerá fundamentalmente de la naturaleza y la composición de los desechos residuos sólidos.

Para los efectos de la presente Ordenanza, se identifican los siguientes Sistemas de Tratamiento:

- a) Compostaje (Planta de Compostaje - Bokashi);
- b) Recuperación, que incluye la reutilización y el reciclaje (Planta de Separación); y
- c) Aquéllos específicos y que faciliten el manejo integral de los desechos.

• APROVECHAMIENTO

PLANTA DE SEPARACIÓN DE MATERIALES INORGÁNICOS UBICADA EN EL SECTOR DE ROMERILLOS

Art. 11.- Los vehículos recolectores que transportan los desechos inorgánicos deberán desalojar en el área de descarga. Para ser separados y clasificados en la banda transportadora.

Art. 12.-La recuperación de los desechos inorgánicos lo realizara mediante la firma de un convenio con una agrupación de segregadoras/res que se encuentre legalmente constituida. El Municipio de Mejía no adquiere ninguna relación laboral de dependencia con los miembros de tal agrupación. La municipalidad facultará a los socios de esta agrupación a ser los únicos segregadores que puedan ingresar a las instalaciones de la planta de separación y la utilización adecuada de otras áreas del centro de tratamiento de residuos sólidos. Y a la vez la Municipalidad de Mejía se convierte en intermediario para la venta de todos los productos que han sido reciclados por la Agrupación y por los mismos negociara para que se pague de acuerdo al detalle que elabora la Dirección de Servicios Públicos e Higiene.

Art. 13.- El Municipio ejercerá control sobre las actividades que se desarrollen en las instalaciones del centro de tratamiento de residuos por parte de la agrupación y sus miembros. Y son sus obligaciones cumplir las siguientes disposiciones:

- a) Se prohíbe el ingreso de personas en estado etílico.
- b) La Asociación se obliga a elaborar y respetar las disposiciones de un Reglamento Interno de la Asociación el cual regulará las obligaciones y prohibiciones a que deben sujetarse los miembros de la agrupación, en relación con sus labores, permanencia y convivencia en el Centro de tratamiento municipal.
- c) Cumplir el horario establecido por la Administración del Centro de Tratamiento de Residuos.
- d) Fuera del horario de almuerzo queda terminantemente prohibido el consumo de alimentos o bebidas dentro de las instalaciones municipales.

- e) Queda terminantemente prohibido el ingreso de menores de edad a las instalaciones del Centro, bajo ninguna circunstancia, el ingreso de mascotas.
- f) Los miembros de esta agrupación acatarán estrictamente las disposiciones del personal de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene.
- g) Acatar estrictamente las disposiciones que les determine la Administración del Centro de Tratamiento de Residuos.
- h) Debiendo mantener una conducta ejemplar, no se permitirán agresiones verbales o peor aun físicas entre los socios, en caso de producirse las peleas o reyertas los involucrados serán sancionados de acuerdo al procedimiento que se detalla en el capítulo de sanciones.
- i) Para el desarrollo de las actividades en el interior del Centro de Tratamiento de Residuos, todo el personal debe utilizar la ropa de trabajo adecuada como los equipos de protección personal.
- j) Se prohíbe a los miembros de esta agrupación crear lugares de almacenaje y reciclaje clandestino fuera del centro.

Art. 14.- Se prohíbe que el personal del sistema de residuos sólidos (barrido recolección tratamiento y disposición final) municipal realice tareas de segregación y comercialización de residuos.

Art. 15.- Las empresas y/o entidades públicas y/o privadas que hagan uso del Centro de Reciclaje no podrán tampoco realizar actividades de segregación de residuos dentro de los vehículos que ya han ingresado a las instalaciones del Centro, todo el material que ingrese al Centro deberá ser tratado y confinado en el mismo.

Art. 16.- La comercialización de residuos inorgánicos que van a ser objeto de reindustrialización se realizará mediante la firma de convenio con empresas que compren este tipo de productos para lo cual se receptorán ofertas de las empresas y personas que se encuentren interesadas en comercializar este tipo de productos. Previo a la firma del convenio se establecerán las condiciones de entrega de los materiales recuperados, en presencia de un representante de la Asociación, Ofertante y de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene. Cabe señalar que el Municipio del Cantón Mejía recibe un porcentaje (1%) del valor total de la comercialización de los materiales recuperados en el Centro de Tratamiento.

Art.-17.- La Municipalidad instrumentará programas para la utilización de materiales o subproductos provenientes de los residuos sólidos a fin de promover mercados para su aprovechamiento, vinculando al sector privado, organizaciones sociales y otros agentes económicos.

Art. 18.- Es obligación del Municipio proveer de los Equipos de Protección Individual (EPI) a los trabajadores Municipales y miembros de la Asociación que presten sus labores en el Centro de Tratamiento.

- **PLANTA DE COMPOSTAJE**

A fin de mejorar la gestión de los residuos biodegradables y reducir el impacto ambiental de los mismos, el Municipio implementará programas de separación a aprovechamiento de materia orgánica con la finalidad de generar abonos orgánicos.

Art. 19.- La Planta de Compostaje se encarga de tratar los residuos orgánicos, según la frecuencia establecida los vehículos recolectores transportarán los residuos orgánicos hasta el área de descarga.

Art. 20.- Este material será tratado mediante reducción de volumen por medio de la maquinaria dispuesta para el efecto, mediante técnicas de degradación controlada será transformado en un mejorador de suelos, el cual sirve para la recuperación de áreas verdes y parques.

Art. 21.- La comercialización del producto obtenido, se realizara mediante la emisión de los respectivos títulos de crédito emitidos por la Dirección Financiera y se entregara el producto en el Centro de Tratamiento de Desechos Sólidos.

Art 22.- Deberá efectuarse obligatoriamente un servicio de desratización y fumigaciones: Cuando lo amerite en las zonas urbanas aledañas, ubicadas dentro de un radio de 500 metros del perímetro del relleno sanitario y como también en el sitio mismo del relleno sanitario y en las áreas destinadas a la producción de composta y la separación de material inorgánico. Como periodo máximo entre un servicio y otro de cada tres (3) meses.

Art 23.- El Municipio podrá donar el abono orgánico producido en el Centro de Reciclaje para actividades de orden social y una vez comprobada su objetivo de utilización.

CAPITULO VI

DISPOSICION FINAL

Art 24.- La Disposición Final de los desechos sólidos se realizara en relleno sanitario que es un lugar destinado a la ubicación final de desechos o [basura](#). Los objetivos principales del Relleno Sanitario serán los siguientes:

- Llevar a cabo, a través del personal autorizado, las acciones necesarias para la disposición final adecuada de residuos sólidos de manera eficiente, de conformidad con la legislación aplicable;
- Mantener, mediante el establecimiento de equipos de monitoreo y pesaje, un control estricto del monto y tipo de desechos sólidos que se reciban diariamente;
- Procurar y mantener la construcción de la zona de amortiguamiento del Relleno Sanitario, que permita la conservación del medio ambiente a través de áreas verdes libres de basura, evitando, así los efectos de la contaminación;
- Mitigar el impacto visual y paisajístico de una inadecuada disposición de desechos
- Generar fuentes de trabajo sostenibles y seguras laboralmente relacionadas con el Manejo de Residuos Sólidos Urbanos.
- Convertirse en un ejemplo a nivel nacional de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Cumplir el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto; y
- Las demás que señalen las leyes y reglamentos.

Art 25.- Las iniciativas comunitarias, barriales o parroquiales referentes a la disposición final y procesamiento de los residuos sólidos urbanos, deberán contar con la aprobación de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene.

CAPITULO VII

ÁMBITO DE APLICACIÓN

Art 26.- El ámbito de aplicación de la presente Ordenanza, es el Centro de Tratamiento y Disposición final de Residuos Sólidos el mismo que esta compuesto por cuatro áreas como: Planta de separación, Planta de compostaje, Relleno Sanitario y celdas de seguridad en el cuál se disponen dos tipos de Residuos Sólidos: Domésticos y Biopeligrosos indistintamente.

Art 27.- Sujetos de cumplimiento de la ordenanza, son los trabajadores del Centro y todas aquellas personas o instituciones que obtengan el permiso correspondiente de la Dirección de Servicios Públicos para el ingreso del Centro.

CAPITULO VIII

Art 28.- Obligaciones y responsabilidades de los usuarios del Centro de Reciclaje, en el cuál se detalla lo siguiente:

- El estricto cumplimiento con los horarios de ingreso al Centro de Reciclaje para el tratamiento y disposición de los residuos y/o desechos.
- La prohibición del ingreso de menores de edad en los vehículos de las empresas y/o entidades privadas, especialmente para realizar las actividades de descarga de residuos.
- Prohibición a comercializar los materiales dentro del Centro con los miembros de la Asociación.
- Los vehículos que ingresen al Centro deberán contar con una cubierta para evitar que los residuos sólidos se esparzan durante el trayecto al Centro de Tratamiento.
- El Municipio de Mejía deberá garantizar un ambiente de trabajo seguro, saludable y técnico para el personal de la Asociación y Municipal del Centro de Tratamiento, como también proveer de las mejores condiciones de trabajo para el personal de la Asociación y Municipales del Centro de Tratamiento.

Art. 29.- Toda persona que se acredite oficialmente para permanecer dentro del Relleno Sanitario, estará obligada a velar por la seguridad y buen funcionamiento del mismo, debiendo reportar de manera inmediata y directa a la Administración del Centro de Tratamiento, cualquier anomalía observada en la seguridad y funcionamiento del Relleno Sanitario.

Art. 30.- Queda estrictamente prohibido a cualquier persona fumar, iniciar o alimentar cualquier tipo de fuego dentro de las áreas de trabajo del Relleno Sanitario.

Art. 31.- Toda persona que esté autorizada para entrar ó permanecer dentro de las instalaciones del Relleno Sanitario, está obligada a respetar y observar las instrucciones verbales dadas, las de los anuncios, así como las disposiciones contenidas en el presente reglamento.

Art. 32.- Queda estrictamente prohibido a toda persona que no esté autorizada y que se encuentre dentro de las instalaciones del Relleno Sanitario a traspasar el área considerada como de alto riesgo humano, determinada así por los funcionarios de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene Municipal.

Art. 33.- En caso de desobediencia al artículo anterior se impedirá al infractor el paso por tiempo indefinido a las instalaciones del Centro de Tratamiento de Residuos.

CAPITULO IX

PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Art. 34.- El Municipio de Mejía debe planificar, diseñar, ejecutar, controlar y evaluar su gestión, incluyendo en forma efectiva a la ciudadana en el ámbito de la jurisdicción del Cantón, con la finalidad de incorporar las estrategias tendientes a la protección del ambiente en que se desenvuelve la comunidad. Y deberá emplear estrategias de transparencia de la información y democracia participativa

Art. 35.- La Municipalidad de Mejía, debe procurar que la comunidad se constituya como un sujeto activo en el desarrollo de un ambiente sano, a través de una participación directa en las actividades de prevención y planificación en tutela del interés público ambiental.

Art. 36.- El Municipio de Mejía promoverá el desarrollo de programas de concienciación y socialización, a todo nivel de la ciudadanía del Cantón.

Art. 37.- Los medios de consulta, participación ciudadana y transparencia existentes deberán ser utilizados para los fines de la elaboración del Plan Municipal de Gestión Integral de Desechos y Residuos Sólidos previsto en el Capítulo I de esta ordenanza.

CAPITULO X DE LAS CONTRAVENCIONES Y SANCIONES

Art. 38.- De las clases de contravenciones.- Esta Ordenanza, aplica el cuidado de la limpieza y de la sostenibilidad del ambiente del Cantón, por lo cual se establecen tres clases de contravenciones con sus respectivas sanciones, que se especifican a continuación:

Art. 39.- De las contravenciones de primera clase.- Serán sancionados con una multa de 20 dólares de los Estados Unidos de América los infractores de esta ordenanza, que serán aplicados en los rubros de cualquier impuesto municipal, a los que no cumplan con lo siguiente:

1. Quien impida la colocación de mobiliario municipal relacionado con el mejoramiento ambiental en aceras y otros lugares de uso público.
2. Quien realice el pastoreo de animales de consumo, tales como: ganado vacuno, lanar, caballar, porcino, caprino o actividades afines dentro del área urbana.

Art. 47.- Contravenciones de segunda clase.- Serán reprimidos con multa de 10 dólares de los Estados Unidos de América quienes cometan las siguientes contravenciones:

Art. 48.- De las contravenciones de tercera clase.- Serán reprimidos con una multa de 10 dólares de los Estados Unidos de América que serán aplicados al cobro en los rubros de agua, luz, teléfono o a cualquier impuesto municipal, los que cometan las siguientes contravenciones:

No respetar la recolección diferenciada de los residuos hospitalarios.

1. Agredir los puntos limpios.
2. Tener botaderos de residuos sólidos a cielo abierto.
3. Impedir u obstaculizar la prestación de los servicios de aseo urbano en una o en varias de sus diferentes etapas (barrido, recolección, transporte, transferencia y disposición final).

Art. 49.- Contravenciones Especiales y sus Sanciones.- Serán reprimidos con una multa de 5 dólares de los Estados Unidos de América que serán aplicados al cobro en los rubros de agua, luz, teléfono o a cualquier impuesto municipal, los que cometan las siguientes contravenciones:

- a) Colocar residuos sólidos en la vereda sin una previa separación en la fuente, cuando sea obligatoria, sin utilizar fundas adecuadas, recipientes impermeables, tachos o contenedores debidamente cerrados, según las especificaciones dadas por la Secretaría de Ambiente:
- b) No disponer de suficientes Contenedores Móviles para la recolección selectiva de residuos, según las especificaciones técnicas emitidas por la autoridad competente.

Art. 50.- Reincidencia en las contravenciones.- Quien reincida en la violación de las disposiciones de esta ordenanza, será sancionado cada vez con el recargo del 50% sobre la última sanción y podrá ser denunciado ante los jueces respectivos para que juzgue, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 607A del Capítulo Quinto de las Contravenciones Ambientales del Código Penal de la República del Ecuador.

Art. 51.- Costos.- Las multas no liberan al infractor del pago de los costos en que incurra la Municipalidad, o cualquier otra de su dependencia para corregir el daño causado y lo demás expresado en el Art. 396 de la Constitución de la República del Ecuador.

Art. 52.- Acción Pública.- Se concede acción pública para que cualquier ciudadano pueda denunciar ante la autoridad competente las infracciones descritas en este documento en cumplimiento con lo prescrito en el Art. 397 de la Constitución de la República del Ecuador.

Art. 53.- De la aplicación de multas y sanciones.- La aplicación de estas multas y sanciones determinadas, serán impuestas a los contraventores, por la autoridad municipal competente, quien será responsable del control de aseo de la Ciudad y para su ejecución

contará con la asistencia de la Policía Nacional, sin perjuicio de las acciones civiles o penales que podían derivarse por la violación o contravención de las normas establecidas en el presente documento, observando el debido proceso y las garantías constitucionales.

Art. 54.- Contraventores y juzgamiento.- Todo ciudadano que contravenga las disposiciones de la presente Ordenanza, será sancionado de acuerdo al grado de infracción cometida y de conformidad con el debido proceso. En el caso de menores de edad serán responsables sus padres o representantes legales vasandos en las disposiciones civiles y del Código de la Niñez y Adolescencia.

Los contraventores serán sancionados por la autoridad competente sin perjuicio de las sanciones que se deriven y puedan ser impuestas por otras autoridades.

Art. 38.- De acuerdo con la Ley Orgánica de Régimen Municipal, a la Administración Municipal le compete cumplir y hacer cumplir las leyes, ordenanzas y reglamentos Municipales, específicamente el Comisario Municipal es la autoridad competente para aplicar las sanciones previstas en la presente Ordenanza

Art. 39.- La Aplicación de la Normativa y Control de las Normas de Manejo de Residuos Sólidos en el cuál se detalle que es el Municipio del Cantón Mejía a través de la Dirección de Servicios Públicos el responsable de la aplicación de las Normas de la Ordenanza y su Observancia.

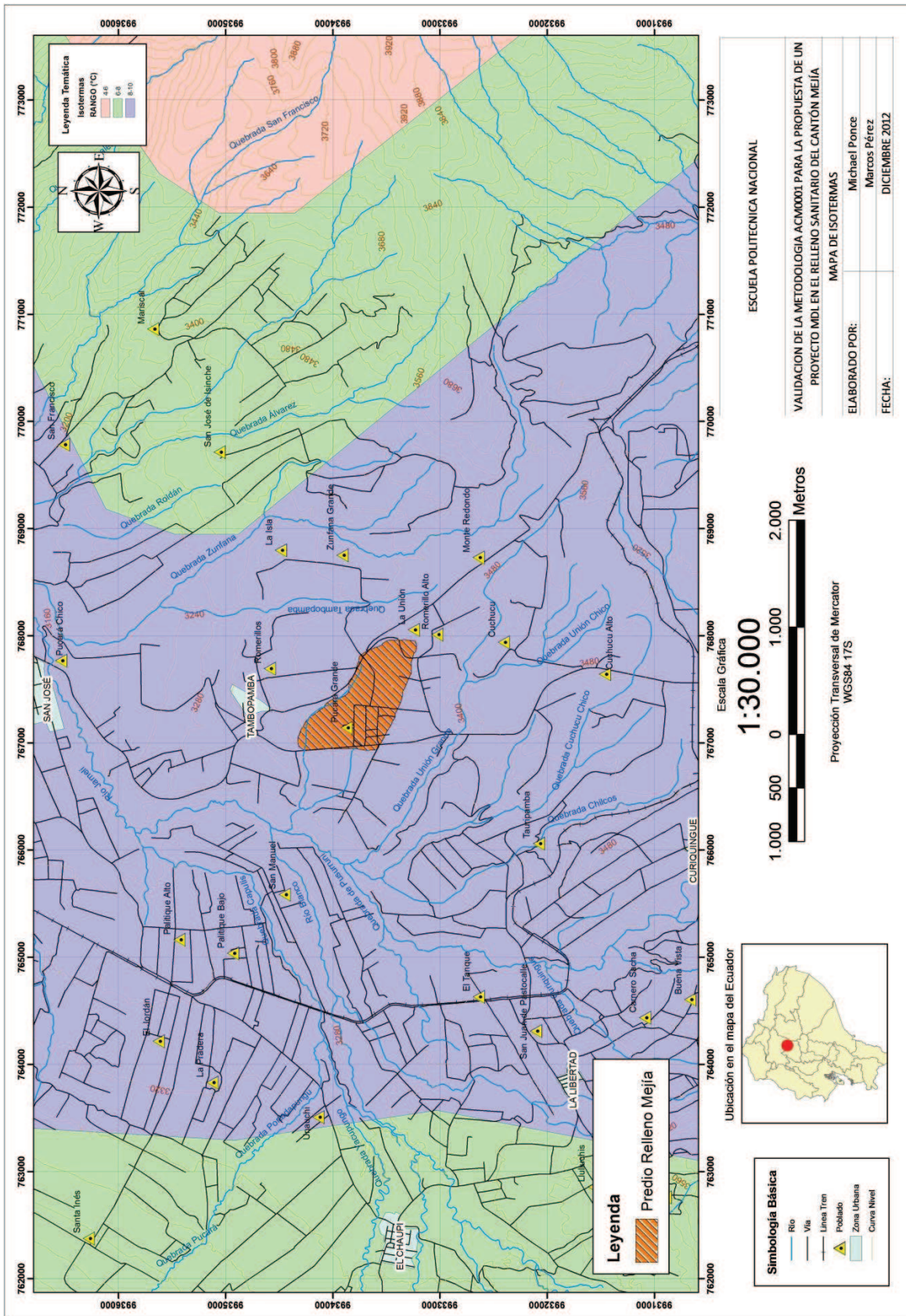
Art. 40.- En caso de incumplimiento de algún miembro de la Asociación de Desarrollo Social Romerillos con una o más de las obligaciones y prohibiciones previstas en la en el Artículo 13 de la presente ordenanza, el socio transgresor, será sancionado con suspensión e impedido de ingresar al centro de reciclaje, por hasta quince días; y en caso de reincidencia, será suspendido o separado definitivamente. Si las faltas fueren cometidas y reiteradas por varios de los socios, se podrá dar por terminado el convenio de manera unilateral. Las sanciones serán impuestas por el Administrador de centro de reciclaje o por los funcionarios competentes de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del Municipio; de esas resoluciones se podrá apelar para ante el señor Alcalde, cuya decisión será definitiva e inapelable.

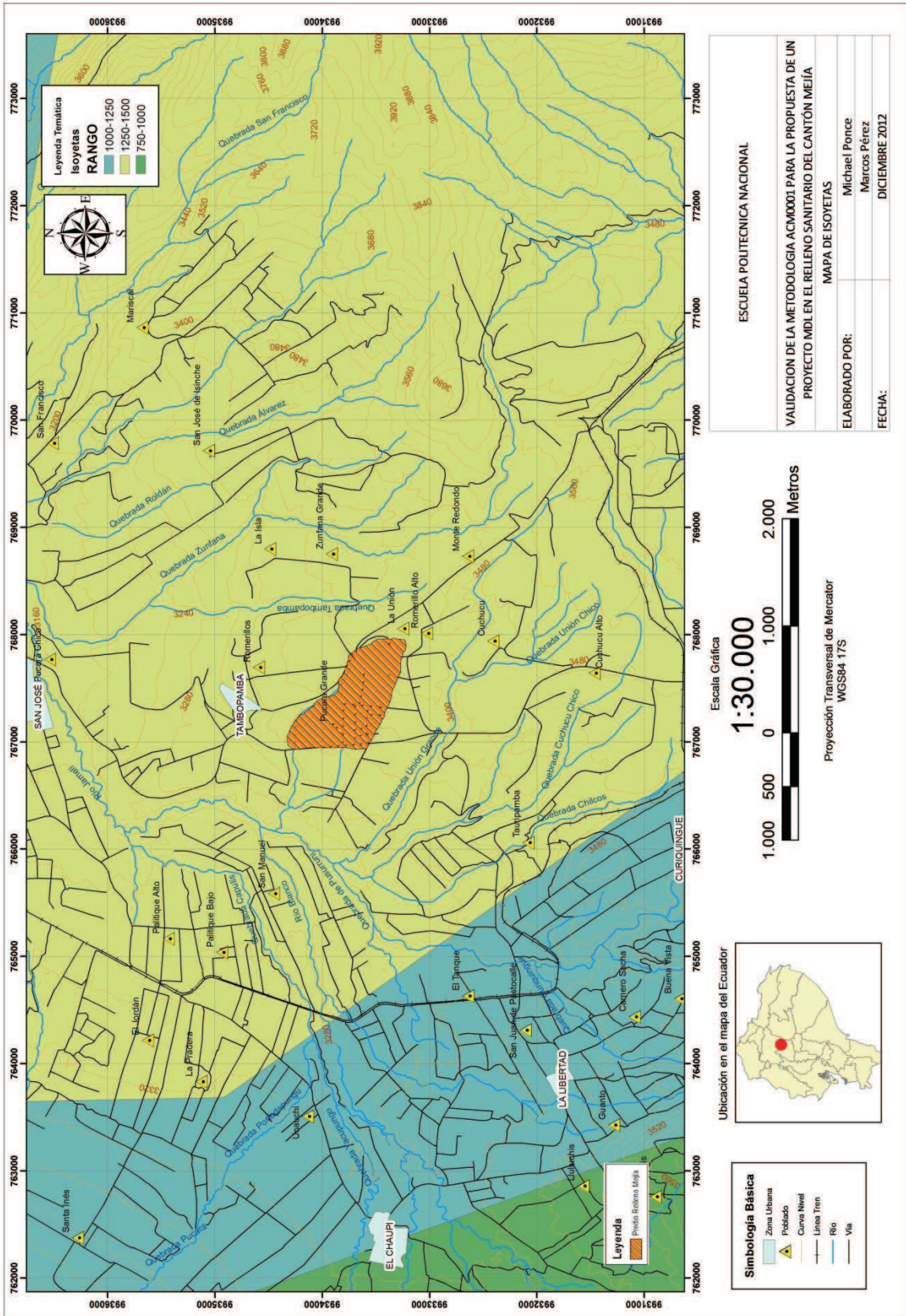
ANEXO 6

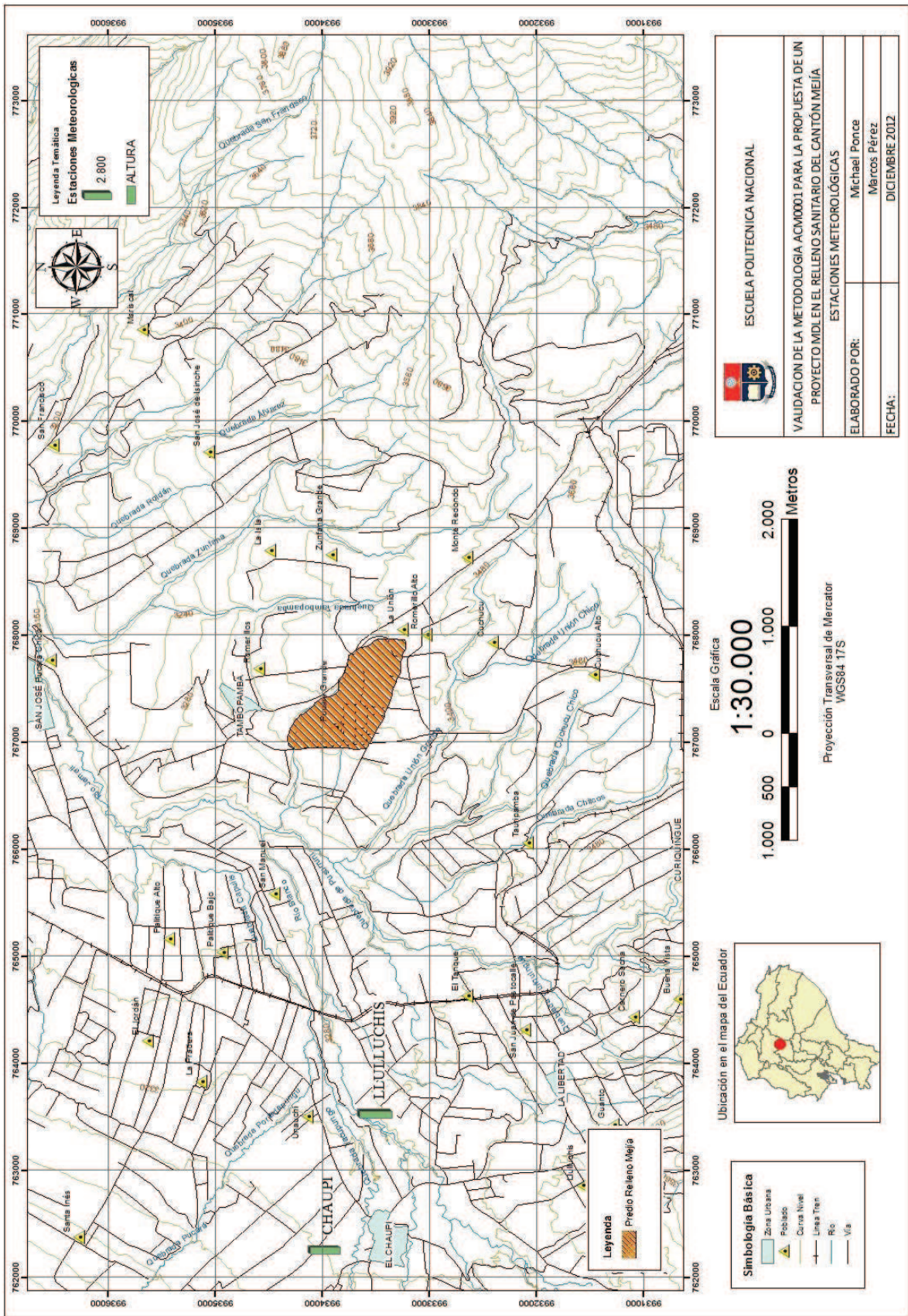
**MEMORIA DEL PLAN MASA DEL RELLENO SANITARIO
DEL CANTÓN MEJÍA**

ANEXO 7

MAPA DE ISOTERMAS, ISOYETAS Y ESTACIONES METEOROLÓGICAS







ANEXO 8**MATRIZ DE CÁLCULO DE LINEA BASE**



ANEXO 9**MATRIZ DE CÁLCULO DE PROYECTO**



This image shows a large, complex table with a yellow header and a yellow vertical line. The table contains a vast amount of data, but the text is mostly illegible due to its size and resolution. In the bottom-left corner, there is a small bar chart with several vertical bars of varying heights.