MANUAL

Calculadora MRS-GEI

HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS (MRS)

Desarrollado por

ifeu

Patrocinado y financiado por

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

KfW ENTWICKLUNGSBANK

Publicado por
KfW Bankengruppe
Departamento de Comunicación
Palmengartenstrass 5-9
60325 Frankfurt am Main
Teléfono +49 (0) 69 7431-0
Fax + 49 (0) 69 7431-2944
www.kfw.de

Autor
ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Jürgen Giegrich y Regine Vogt
Wilckensstrasse 3
69120 Heidelberg
Teléfono +49 / (0) 6221/4767-0
Fax +49 / (0) 6221/4767-19
ifeu@ifeu.de
www.ifeu.de
A nombre de KfW Entwicklungsbank, Centro de Competencia de Agua y Manejo de Residuos,
en cooperación con GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) GmbH, antes GTZ

Fotos
KfW Bildarchiv / Fotoagentur: photothek.net
Wolfgang Pfaff-Simoneit

Frankfurt am Main, Noviembre de 2009

Traducido al español en Julio de 2011
Sra. Sofia Garcia-Cortes (GIZ)
Sr. Sören Rüd (GIZ)

Nota preliminar

Este manual proporciona información de antecedentes y explicaciones adicionales sobre el uso de la calculadora MRS-GEI. Sin embargo, no es necesario estudiar el manual antes de usar la calculadora MRS-GEI. La forma más rápida de aprender a utilizar la herramienta es iniciarla y seguir las instrucciones proporcionadas.

Además de algunas instrucciones explicativas, este manual proporciona información adicional de antecedentes y datos básicos. Los títulos de las secciones principales en el manual se refieren a las diferentes hojas de cálculo en la calculadora MRS-GEI.

La calculadora MRS-GEI ha sido desarrollada por el instituto IFEU, patrocinada por el Banco de Desarrollo KfW (Cooperación Financiera Alemana), en cooperación con la GIZ (Cooperación Alemana al Desarrollo) y financiada con fondos aportados por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania.

Reconocimiento

Por sus valiosas discusiones y apoyo profesional, a los autores les gustaría dar las gracias a

Sr. Wolfgang Pfaff-Simoneit (KfW)
Sra. Sandra Spies (GIZ)
Dr. Günther Wehenpohl (GIZ)

Contenido

Página

1. Antecedentes y objetivo ... 1
2. Metodología ... 2
3. Recomendaciones para la definición de escenarios ... 5
4. Resumen (“Intro”) ... 8
5. "Inicio" ... 9
5.1. Cantidad total de residuos ... 9
5.2. Composición de los residuos ... 11
5.3. Características de los residuos - el contenido de agua ... 13
5.4. Cálculo de los parámetros de los residuos - resultado intermedio ... 14
5.5. Factor de emisión de GEI específicos por País para la generación de electricidad 17
6. "Reciclaje" ... 19
6.1. Materiales secos ... 19
6.2. Compostaje y / o digestión de residuos orgánicos ... 21
6.3. Resultados intermedios - parámetros de los residuos restantes ... 22
6.4. Reciclaje - procesos de tratamiento y factores de emisión de GEI ... 22
7. "Disposición" ... 22
7.1. Opciones para el tratamiento y disposición de residuos ... 23
7.2. Datos sobre las tecnologías de disposición ... 24
8. "Costos" ... 24
9. "Resultados" ... 26
9.1. Resultados de los escenarios ... 26
9.2. "Resultados todos" ... 29
9.3. "Resultados costos todos" ... 31
10. "Cálculo" ... 31
11. Referencias ... 33
Abreviaturas ... 35
Anexos ... 37
I. Generación especifica de residuos sólidos urbanos y manejo de datos (IPCC 2006) ... 38
II. Población y grado de urbanización ... 42

III. Valores regionales por defecto para los datos de composición de RSU por porcentaje (IPCC 2006) 45
IV. Emisiones de CO_2 específicas para cada país debido a la generación de electricidad 46
V. "Reciclaje" - descripción de los procesos de tratamiento 49
VI. "Disposición" - descripción del tratamiento de residuos y disposición de procesos 54

1. Antecedentes y objetivo

El cambio climático es considerado uno de los mayores desafíos globales del siglo 21. Existe un consenso general entre la gran mayoría de expertos en clima que el calentamiento global es el resultado de las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera de la Tierra. Desde que comenzó la industrialización, las actividades humanas han intensificado el efecto invernadero natural, que es causado principalmente por vapor de agua, dióxido de carbono, metano y ozono en la atmósfera, a través de emisiones antropogénicas de GEI, lo que resulta en el calentamiento global.

El sector del manejo de los residuos contribuye al efecto invernadero antropogénico, principalmente a través de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). El Cuarto Informe de Evaluación de la IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, siglas en inglés) pone la contribución hecha por los residuos sólidos y el sector del manejo de aguas residuales a las emisiones globales de GEI en un 2.7%, lo que podría parecer ser a primera vista relativamente bajo. Esta cifra, sin embargo, no refleja plenamente el potencial real de reducción de las emisiones de GEI por el sector de manejo de residuos. Los cálculos de la IPCC toman en cuenta únicamente estrategias del manejo de residuos al final del tubo, tales como:

- Relleno Sanitario / tiraderos de residuos
- Compostaje
- Incineración de residuos (en el caso que la energía calorífica generada no se use)
- Disposición de aguas residuales

El impacto positivo de la reducción, reutilización o reciclaje de residuos, así como estrategias de ”waste-to-energy” (WtE), en la protección del clima son atribuidos a otras categorías - en particular para el sector de la energía y los procesos industriales - o no se contabilizan para nada en los inventarios de GEI reportados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) bajo el Protocolo de Kioto.

"Reciclaje" en los inventarios nacionales de GEI

Los efectos del reciclaje de materiales o de energía no son acreditados al sector de “Residuos" en los inventarios de GEI sino a los sectores de "Energía" o "Procesos Industriales" por razones metodológicas. Por ejemplo, el reciclaje de la chatarra está incluido en el sector de la industria en "Producción de metales: Producción de Hierro y Acero" utilizando un factor de emisión para la producción de acero en un horno de arco eléctrico donde la mayoría de la chatarra es utilizada. Las emisiones resultantes son más bajas que las de otros métodos de producción de acero donde se usa material primario. Además, dado que la chatarra se utiliza para la producción de acero, menos arrabio producido a partir de mineral de hierro es necesario. Estos dos efectos, las emisiones ahorradas por el proceso de reciclaje y la reducción de las emisiones por la sustitución de la extracción de mineral de hierro y la producción de arrabio no se indican por separado en el inventario de GEI y no se atribuyen al sector de residuos.

Lo mismo se aplica a la utilización de todas las fracciones de los residuos sólidos como materias primas secundarias. Por lo tanto, los inventarios nacionales sólo reflejan parcialmente la contribución de las actividades de manejo de residuos a la mitigación de los GEI. Los países en desarrollo y las economías emergentes no sólo reducirían considerablemente sus emisiones de GEI a un costo comparativamente bajo, sino que también contribuirían significativamente a mejorar las condiciones de salud pública y protección del medio ambiente si se tratara de poner en marcha sistemas sustentables de gestión de residuos. Las emisiones de GEI producidos por el sector de manejo de residuos en países en desarrollo y economías emergentes son altamente relevantes, en particular por el alto porcentaje de componentes biodegradables contenidos en los flujos de residuos. Esto nos llevaría a asumir que el potencial para reducir las emisiones de GEI es significativamente superior a la cifra del 2.7% en las estadísticas de la IPCC. Más allá de esto, intensificar el reciclaje podría reducir aún más las emisiones, aunque hay que señalar que la fracción de reciclables de los residuos en los países en desarrollo y economías emergentes es más baja que en los países industrializados.

Un estudio realizado en nombre del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (IFEU 2008) estima que los países en desarrollo y las economías emergentes podrían reducir sus emisiones nacionales de GEI en un 5% sólo con la adopción de sistemas de gestión de residuos urbanos. Los autores estiman que si otros tipos de residuos, especialmente residuos que contienen altos niveles de materia orgánica biodegradable, en particular los residuos de las actividades agrícolas y la industria alimentaria o de otras industrias similares, se incluyen en el sistema de manejo de residuos, la reducción de las emisiones de GEI en estos países podría duplicarse, es decir, en el orden del 10%. A efectos de comparación: las actividades de gestión de residuos en Alemania representaron el 20% de la reducción de GEI globales realizados durante el período 1990 a 2005 mediante el establecimiento de lo que se denomina "circuito cerrado de la gestión de residuos” (Troge 2007).

El objetivo de esta "herramienta para calcular las emisiones de GEI en el manejo de residuos sólidos” (calculadora MRS-GEI) es el de ayudar en la comprensión de los efectos del manejo adecuado de los residuos en las emisiones de GEI. La calculadora MRS-GEI permite la cuantificación y la comparación de las emisiones de gas de efecto invernadero de diferentes estrategias de manejo de residuos en una fase temprana en el proceso de decisión. Los valores por defecto permiten hacer aproximaciones incluso si las bases de datos no están (todavía) disponibles. Además, la calculadora MRS-GEI brinda información sobre los costos aproximados asociados con diferentes estrategias de manejo de residuos.

El uso de la Calculadora MRS-GEI-no requiere de experiencia profesional profunda en el manejo de residuos sólidos. Incluso puede ser utilizado por personas que sólo tienen los conocimientos básicos en el sector, por ejemplo, para los tomadores de decisiones o los alcaldes. Sin embargo, la calculadora MRS-GEI puede ser mejor utilizada y los resultados se comprenden mejor si los usuarios tienen más experiencia.

2. Metodología

Básicamente, el método de cálculo utilizado en la calculadora MRS-GEI sigue el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Diferentes estrategias del manejo de residuos

pueden ser comparados calculando las emisiones de GEI de las diferentes fracciones de residuos recicladas (por lo general vidrio, papel y cartón, plásticos, metales, residuos orgánicos) y dispuestas durante todo su ciclo de vida - desde la "cuna hasta la tumba", por así decirlo. La herramienta suma las emisiones de todos los residuos o de flujos de reciclaje, respectivamente, y calcula las emisiones totales de GEI en equivalentes de CO_2. Las emisiones calculadas incluyen también todas las futuras emisiones causadas por una determinada cantidad de residuos tratados. Esto significa que cuando los residuos se envían a rellenos sanitarios, por ejemplo, las emisiones calculadas de GEI, dadas en toneladas equivalentes de CO_2 por tonelada de residuos, incluyen las emisiones acumuladas generadas durante la degradación de residuos. Este método corresponde al enfoque "Nivel 1" (Tier 1) descrito en el IPCC (1996, 2006).

La Figura 2-1 muestra un ejemplo simplificado de un sistema integral de gestión de residuos. En cada etapa de las cadenas de reciclaje y disposición se producen emisiones de GEI por cada fracción de residuos. Las actividades de reciclaje nos llevan a los productos secundarios (“materias primas secundarias"), que sustituyen a materias primas o combustibles fósiles (“waste-to-energy"). Los beneficios de la sustitución de materias primas o combustibles fósiles se calculan en forma de créditos de acuerdo a las emisiones evitadas en los procesos correspondientes según el método ACV. Los procedimientos de cálculo aplicados en el uso de materias primas secundarias abarcan todas las fases del proceso, desde la separación de los residuos a la clasificación y preparación de los residuos, así como las emisiones del transporte. Sólo las emisiones procedentes de la recolección de residuos fueron omitidos porque se puede suponer que las emisiones generadas por la recolección de residuos son más o menos iguales para cada escenario, como puede verse en la Figura 2-1.

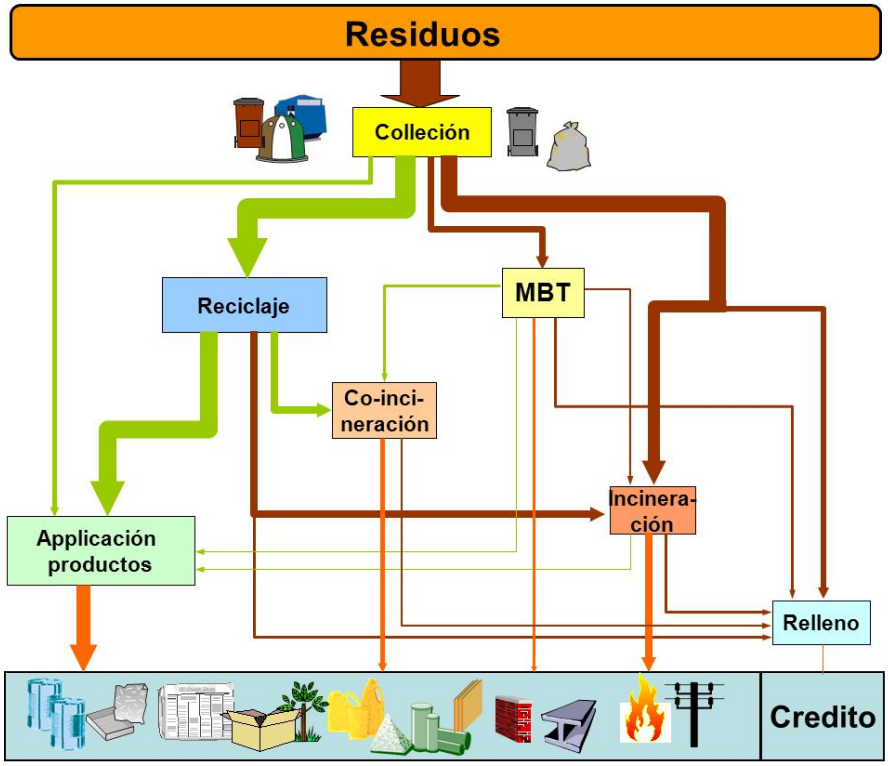


Figura 2-1 Diagrama de flujo de un sistema integral de gestión de residuos sólidos

Hasta cuatro diferentes sistemas de manejo de residuos pueden ser comparados con la calculadora MRS-GEI; además del Status Quo, tres escenarios definidos por el usuario pueden ser analizados en un solo paso. Si los usuarios quieren hacer cálculos con diferentes cantidades de residuos o composiciones, la calculadora MRS-GEI debe ser copiada y guardada con un nombre diferente.

Por razones metódicas y prácticas fue necesario diseñar la herramienta aplicando varias simplificaciones. Se debe destacar que la calculadora MRS-GEI no puede, de ninguna manera, representar un verdadero Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Por ejemplo, la mayoría de los cálculos de GEI para las cadenas de reciclaje se basan en factores de emisión que representan las opciones de tratamiento específico en Alemania y Europa. Esta es la razón por la que la calculadora MRS-GEI ofrece resultados comunes sobre los datos promedios del reciclaje. Sin embargo, las variaciones no son graves o críticas para la toma de decisiones. Detalles de las principales suposiciones hechas se explican en este manual.

Además, la calculadora MRS-GEI no está adecuada para calcular la cantidad prevista de las Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE) en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)[1] o de las Unidades de Reducción de Emisiones (URE) en el marco de la Implementación Conjunta (IC). En primer lugar, el MDL y la IC se refieren a proyectos individuales y deben tener en cuenta la generación teórica de GEI que se producirían durante la degradación de los residuos si un proyecto MDL o IC si no fuera implementado (“línea de base"). La calculadora MRS-GEI, por otra parte, compara los diferentes sistemas o estrategias de manejo de residuos sólidos. En segundo lugar, las RCE y URE deben ser calculadas y son compensadas en bases anuales, es decir, sólo son consideradas las emisiones de GEI causadas por una determinada cantidad de residuos tratada al año - calculadas de acuerdo con el enfoque "Nivel 2" (Tier 2) en (IPCC 1996, 2006) - y sólo puede ser elegido un período de tiempo de una vez cada diez años o de tres veces en siete años. Los períodos de acreditación del MDL o de IC son, por lo tanto, mucho más cortos que el período de degradación de residuos, que es de 50 años o más. Sólo alrededor del 50% al 80% del potencial total de generación de gas de una determinada cantidad de residuos habría sido emitida durante el período de acreditación del MDL o IC. En consecuencia, sólo esta parte de la efectiva reducción de GEI inducida por los proyectos del MDL en el sector del manejo de residuos es compensada (ANS / DWA 2009). Más allá de esto, actualmente no existen metodologías disponibles para las actividades de reciclaje dentro del MDL.

Las simplificaciones que se mencionan anteriormente eran necesarias y debían ser aceptadas para el beneficio de un mejor manejo de la calculadora MRS-GEI. En el contexto del objetivo de la herramienta - para ayudar a comprender las consecuencias de las actividades del manejo de residuos con respecto a las emisiones de GEI relacionadas - sirve como una ayuda valiosa de orientación. Los resultados ofrecen una aproximación cuantitativa suficientemente precisa de los impactos climáticos de las diferentes estrategias, como una importante contribución a la toma de decisiones.

Incluso si los usuarios no tienen acceso a los datos completos de la situación en su región o país pueden utilizar los valores por defecto propuestos para lograr una mejor estimación. Sin duda, entre mejor sean las bases de datos - especialmente en términos de cantidades de residuos y de la composición - mejor y más fiables serán los

[1] Información básica de conformidad con el procedimiento del MDL se pueden encontrar por ejemplo, en (UBA 2009)

resultados. Sin embargo, en la práctica, las opciones de tratamiento de residuos deben ser cuidadosamente evaluadas en cualquier caso antes de la realización de un nuevo proyecto. Los resultados de la Calculadora MRS-GEI pueden y deben proporcionar solamente información adicional para la toma de decisiones.

3. Recomendaciones para la definición de escenarios

Se dan algunas recomendaciones para la definición de escenarios, junto con un ejemplo describiendo un posible escenario de Status Quo y tres escenarios de estrategias de manejo de residuos. Los escenarios ejemplares se describen brevemente en la Tabla 3-1.

1. Todos los escenarios deben referirse a la misma región y la misma cantidad y composición de residuos.

2. Describa el Status Quo lo más realista posible. Inicialmente sólo recoja los datos de entrada básicos fácilmente accesibles o disponibles (cifras de población, cantidades y composiciones de residuos, la práctica actual de disposición de residuos). No pierda el tiempo en la investigación ambiciosa de datos. Si los datos no son fácilmente disponibles, utilice siempre los valores por defecto.

3. Defina el escenario 1 como el probable escenario de desarrollo futuro sin cambios mayores, por ejemplo, las soluciones en las regiones vecinas, las soluciones discutidas en los niveles políticos y profesionales. Trate de estimar las cantidades de residuos que ya se reciclan, en particular por el sector informal, con la mayor precisión posible, ¡pero no los sobrestime! Tenga en cuenta que incluso con esquemas integrales de reciclaje informal no se recuperan más de un 50% de los residuos potencialmente reciclables (papel, cartón, plásticos, etc.)

4. Defina el escenario 2 como un sistema de manejo de residuos sólidos más avanzado. Por ejemplo, la extensión de los servicios de recolección de residuos a los municipios o barrios de la ciudad aún no conectados, la optimización de las actividades de reciclaje, por ejemplo, por la cooperación con el sector informal o las medidas de fomento al reciclaje, la introducción de compostaje para flujos seleccionados de residuos (residuos de jardín, parques, mercados), posible pre-tratamiento / estabilización biológica de los residuos restantes antes de enviarlos al relleno sanitario.

5. Defina el escenario 3 como un moderno sistema de manejo de residuos sólidos de acuerdo a las normas y estrategias avanzadas de los países de Europa occidental, por ejemplo, sistemas de ciclo cerrado de reciclaje, estrategias de waste-to-energy (WtE), etc.; siga siendo realista con las tasas de recuperación alcanzables. Los valores de más del 80% - 90% de reciclaje de materiales no son alcanzables, incluso con estrategias y tecnologías muy avanzadas (véase la Tabla 6-1).

Por último, pero lo más importante: **¡Juegue con la herramienta!** Trate de identificar lo que puede lograrse en la mitigación de GEI mediante la aplicación de las diferentes visiones de la organización de manejo de residuos sólidos en su municipio, región o incluso en su país.

Tabla 3-1 Ejemplo de un Status Quo y la definición de escenarios alternativos

Status Quo	El Status Quo describe una situación típica en un país en vías de desarrollo en el que no existe un apropiado manejo de residuos sólidos en la actualidad. Los residuos son parcialmente reciclados por el sector informal en condiciones sanitarias difíciles. Algunos municipios o distritos vecinos aún no están cubiertos con los servicios de recolección periódicos. La mayoría de los residuos se depositan en tiraderos no administrados, en condiciones anaerobias produciendo metano; otra parte se desecha en pequeños montones ("disposición dispersa") en condiciones aeróbicas, produciendo principalmente dióxido de carbono. La mitad de estos residuos dispersos se quema en fogatas produciendo contaminación atmosférica extrema.
Situación 1: Reciclaje mejorado; disposición de los residuos restantes en rellenos sanitario.	En este escenario se supone que se puede lograr una mayor tasa de reciclaje y que los residuos de jardines y parques son parcialmente recogidos por separado y compostados. El resto de los residuos se disponen en rellenos sanitarios con un sistema de gas de alta eficiencia de recolección (50%). El gas capturado se utiliza para la generación de electricidad. 10% de los residuos todavía son dispersos, pero ya no quemados, suponiendo que no se puede conectar las zonas rurales al relleno sanitario central.
Situación 2: Reciclaje como en el escenario 1; estabilización biológica de los residuos restantes.	Este escenario es similar al escenario 1 con una diferencia importante: se supone que los residuos que queden después del reciclaje ya no se envían directamente al relleno sanitario, sino que son pre-tratados en un proceso de estabilización antes de ser desechados, por lo tanto minimizan significativamente las emisiones de metano derivadas de los rellenos sanitarios. Esto significa que la recolección de gas no es necesaria. Las tasas de reciclaje y las tasas de conexión a las instalaciones centrales son idénticas a la situación 1. El 10% de los residuos queda todavía disperso, pero no se quema.
Situación 3: Sistema avanzado de gestión de residuos sólidos.	Este escenario representa la estrategia más avanzada de manejo de residuos sólidos. Altas tasas de reciclaje de los materiales reciclables secos son asumidas, así como una mayor eficiencia en la recolección separada y el compostaje de residuos de jardines y parques. Los residuos restantes son tratados vía estabilización mecánica-biológica y / o física-mecánica produciendo un combustible derivado de los residuos (CDR) que se utiliza en un horno de cemento, y una fracción de metal que se recicla. Además, una fracción inerte es separada para la disposición y las impurezas son incineradas. Las zonas rurales están conectadas a la red. La dispersión de residuos ya no ocurre.

Los porcentajes de las tasas de reciclaje, el tipo de tratamiento biológico, el destino de los residuos restantes y la información sobre las tecnologías de disposición de los escenarios antes descritos en el ejemplo usado se muestran en las Tablas 3-2 a 3-5. Estas tablas se correlacionan con los cuadros de entrada en la calculadora MRS-GEI, donde los usuarios deben introducir sus propios datos para su Status Quo y los escenarios que quieren comparar.

Tabla 3-2 Tasas de reciclaje - Ejemplo de un Status Quo y escenarios alternativos

	Status Quo	Situación 1	Situación 2	Situación 3
Papel, cartón	30%	50%	50%	70%
Plásticos	30%	50%	50%	70%
Vidrio	10%	30%	30%	50%
Metales Ferrosos	40%	60%	60%	70%
Aluminio	40%	60%	60%	70%
Textiles	10%	20%	20%	40%
Residuos de comida	0%	0%	0%	0%
Residuos de jardines y parques	0%	20%	20%	40%

Tabla 3-3 Compostaje o digestión de residuos orgánicos recolectados separadamente - Ejemplo de un Status Quo y escenarios alternativos

	Status Quo	Situación 1	Situación 2	Situación 3
Compostaje	0%	100%	100%	100%
Digestión	0%	0%	0%	0%

Tabla 3-4 Tratamiento de residuos y disposición de los residuos restantes - Ejemplo de un Status Quo y escenarios alternativos

	Status Quo	Situación 1	Situación 2	Situación 3
Residuos dispersos no quemados	10%	10%	10%	0%
Quema de residuos dispersos	10%	0%	0%	0%
Tiraderos / Sitios de disposición final no administrados	80%	0%	0%	0%
Relleno controlado / relleno sanitario sin recolección de biogas	0%	0%	0%	0%
Relleno sanitario con recolección de biogas	0%	90%	0%	0%
BS + vertedero	0%	0%	90%	0%
MBT + tratamiento adicional + relleno	0%	0%	0%	0%
MBS/MPS + co-procesamiento en horno de cemento	0%	0%	0%	100%
Incineración	0%	0%	0%	0%

Tabla 3-5 Datos sobre las tecnologías de disposición - Ejemplo de un Status Quo y escenarios alternativos

	Status Quo	Situación 1	Situación 2	Situación 3
Eficiencia de la captura de gas	0%	50%	0%	0%

Tratamiento de los gases recolectados en rellenos sanitarios

Sin tratamiento, solo ventilación	0%	0%	0%	0%
Quema	0%	0%	0%	0%
Generación de electricidad	0%	100%	0%	0%

La eficiencia energética de la incineración

Uso eléctrico	0%	0%	0%	0%
Uso térmico	0%	0%	0%	0%

4. Resumen (“Intro”)

La calculadora MRS-GEI se financió con fondos proporcionados por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ) y fue diseñado en nombre de la KfW Entwicklungsbank, en cooperación con la GIZ (Cooperación Alemana al Desarrollo, antes GTZ). Se basa en Excel como una hoja de cálculo muy común y se aplica de una manera bastante sencilla, a fin de permitir a los usuarios comprender rápidamente cómo funciona la herramienta. En algunos puntos, donde puede ser un poco más compleja, la herramienta contiene breves instrucciones sobre qué hacer o, alternativamente, se puede utilizar un asistente. Principalmente, su objetivo era conservar el carácter de Excel en la medida de lo posible, porque la mayoría de usuarios están familiarizados con este software.

Además de las instrucciones, se puede encontrar más información en la herramienta, por ejemplo, en el texto de lectura o en los comentarios de Excel. Adicionalmente, los resultados intermedios son mostrados en una serie de lugares, las áreas respectivas en la herramienta pueden ser reconocidas por celdas marcadas en amarillo.

La calculadora MRS-GEI comprende de las siguientes hojas:

Intro: Breve reseña de la calculadora MRS-GEI, personas de contacto.

Inicio: Especificaciones de cantidad, composición y características de los residuos y de la red eléctrica específica del país.

Reciclaje: Especificaciones para el reciclaje de residuos, se pueden comparar hasta 4 escenarios.

Disposición final: Especificaciones para el tratamiento y disposición final de residuos, se pueden comparar hasta 4 escenarios.

Costos: Especificación de los costos de reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos.

Hojas de resultados:

Resultados SQ: Resultados del escenario Status Quo
Resultados Sc1: Resultados de la Situación 1
Resultados Sc2: Resultados de la Situación 2
Resultados Sc3: Resultados de la Situación 3

Resultados todos: Resumen de la comparación de los resultados de un máximo de cuatro escenarios.

Resultados costos todos: Resumen de la comparación de los costos totales de hasta cuatro escenarios y los costos de mitigación por cada tonelada de GEI de los escenarios de 1 a 3 en comparación con el Status Quo.

Las hojas se explican con más detalle en las siguientes secciones.

En principio, para trabajar con la herramienta, los datos se deben introducir en las celdas de color verde.

5. "Inicio"

Algunos datos básicos se deben introducir para iniciar los cálculos.

En la primera hoja de cálculo, “Inicio”, estos datos son:

- Cantidad total de residuos.
- Composición de residuos en porcentajes de peso húmedo.
- Características de los residuos
- Factor de emisión de GEI específico de cada país para la generación de electricidad.

5.1. Cantidad total de residuos

La cantidad total de residuos se pueden introducir ya sea como:

a) La cantidad total de residuos en toneladas por año (ton/año), o
b) La cantidad de residuos específica en kilogramos por habitante y año (kg/cap/a), combinada con el número de habitantes, o

c) La cantidad de residuos específica en kilogramos por habitante y día (kg/cap/día) en combinación con el número de habitantes calculado para 365 días por año.

¡Tenga en cuenta que sólo una opción (a, b o c) puede ser usada!

Tenga en cuenta que 1 kg/cap/día = 365 kg/cap/a es generalmente utilizado como un factor de conversión.

Si los usuarios no están seguros de lo que hay que introducir en este paso, también pueden usar un asistente haciendo clic en el botón correspondiente:

Si no se dispone de datos sobre la cantidad de residuos específicos, se pueden usar los valores recomendados por defecto para las economías de bajos ingresos (EBI) o de ingresos medios (EMI) que figuran en la herramienta o los datos de las directrices del IPCC 2006 (véase el anexo, Tabla 0-1).

La Tabla 0-2 en el anexo indica los datos sobre el número de habitantes en economías de ingreso bajo, medio bajo y media alta y el grado de urbanización (DSW 2007).

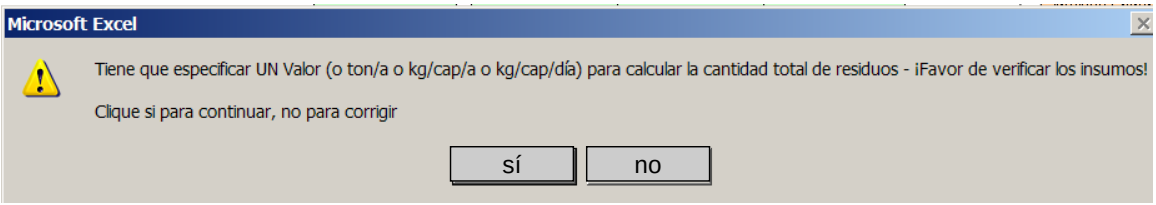
El resultado de la entrada se muestra en el cuadro de color amarillo para su información.

Vista antes de la Entrada de datos	Vista después de la entrada de Datos
Resultados / Información Intermedia Sus datos dan como resultado una cantidad total de residuos de **Resultado - cantidad total de residuos** tons/a: 1.350.000 kg/cap/a: introduzca los habitantes en la celda verde kg/cap/día: introduzca los habitantes en la celda verde	**Resultados / Información Intermedia** Sus datos dan como resultado una cantidad total de residuos de **Resultado - cantidad total de residuos** tons/a: 1.350.000 kg/cap/a: 270 kg/cap/día: 0,74

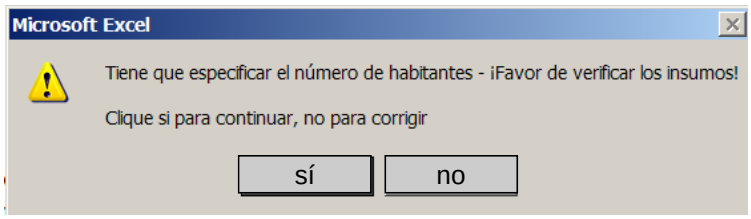
Si sigue viendo "insertar habitantes en la celda verde", debe insertar el número de habitantes en la celda verde.
Si aparece "0", se debe especificar un valor para la cantidad de residuos.
Si no está seguro de qué hacer, se recomienda el uso del asistente.

En general, si los usuarios olvidan cualquier dato necesario en las celdas verdes de la hoja de cálculo, esto se les recordará cuando traten de pasar a una hoja de cálculo diferente.

Si olvida la cantidad de residuos aparecerá la siguiente advertencia:



Si olvida el número de habitantes, aparece la siguiente advertencia:



Con el fin de utilizar adecuadamente la calculadora MRS-GEI, por favor no continúe (haga clic en "no"), sino regrese a la anterior hoja de cálculo y llene los datos que faltan en las celdas de color verde, tal como se aconseja o utilice el asistente.

5.2. Composición de los residuos

La composición de los residuos es uno de los principales factores que influyen en las emisiones de GEI procedentes del tratamiento de residuos sólidos, debido a que diferentes fracciones de residuos contienen diferentes cantidades de carbono orgánico regenerativo y / o degradable (COD) y carbono fósil. COD es crucial para la generación de gases en sitios de disposición final, mientras que sólo el carbono fósil contribuye al cambio climático en caso de incineración. El CO_2 procedente del carbono orgánico es considerado como neutro para el clima porque se origina a partir de plantas que fijan el CO_2 atmosférico. Otro aspecto importante es el valor calorífico, que varía en función de la composición de los residuos. Por ejemplo, por lo general, entre mayor sea el contenido de residuos orgánicos en los residuos sólidos urbanos (RSU), menor será el valor calorífico por causa del mayor contenido de agua de los residuos.

Los cálculos en la calculadora MRS-GEI se basan en la cantidad total de residuos. Esto es necesario para evaluar posibles escenarios de manejo de los residuos adecuadamente. La cantidad total de residuos se define como la suma de los residuos que van a la disposición final y que son reciclados. El reciclaje incluye las actividades del sector informal.

La composición de los residuos debe ser introducida en porcentajes de peso húmedo. La relación con el peso es más fiable que una relación con el volumen. Se recomienda llevar a cabo un análisis de clasificación siempre que sea posible para adquirir los datos necesarios. Si no hay datos disponibles, elija los valores recomendados por defecto para las economías de bajos ingresos (EBI) o de medianos ingresos (EMI) (Tabla 5-1) que también se proporcionan en la calculadora. Alternativamente, los datos de las directrices del IPCC de 2006 pueden ser utilizados (véase el anexo, Tabla 0-3), pero

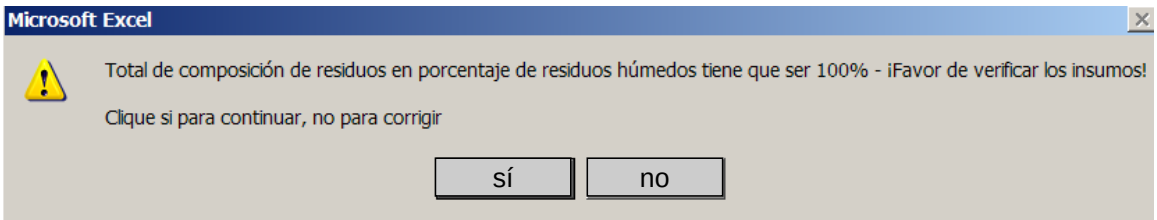
éstas no proporcionan datos para los residuos de jardines y parques, metales no ferrosos, aluminio, pañales y residuos minerales, vea las siguientes recomendaciones para estos datos.

Tabla 5-1 Los valores por defecto para la composición de los residuos de economías de bajos ingresos (EBI) y de medianos ingresos (EMI)

Componentes	Defectos EMI	Defectos EBI
Residuos de Comida	55,4%	41,9%
Residuos de Jardines y Parques	9,2%	14,0%
Papel, cartón	3,7%	9,3%
Plásticos	2,8%	6,5%
Vidrio	1,2%	1,9%
Metales Ferrosos	1,4%	1,9%
Aluminio	0,2%	0,5%
Textiles	1,4%	3,3%
Hule, piel	1,4%	1,9%
Pañales (Pañales desechables)	0%	4,0%
Madera	3,5%	6,0%
Residuos minerales	6,0%	3,0%
Otros	13,8%	5,8%
Total (debe ser 100%)	100,0%	100,0%

Fuente: (KfW 2008) completada por valores calculados de aluminio, pañales, madera y minerales y adaptando la fracción “Otros”.

El porcentaje total introducido debe ser igual al 100%. De lo contrario, se le recuerda por una advertencia de Excel para comprobar su entrada cuando se intenta mover a otra hoja de cálculo:



Explicaciones y recomendaciones:

- Los residuos de comida son los residuos de las cocinas antes (los residuos de la preparación) y después (las sobras) del consumo, lo que incluye pequeñas cantidades de residuos de origen animal.
- Si no se dispone de información para distinguir entre residuos de alimentos y residuos de jardines y parques se recomienda asignar el porcentaje de residuos orgánicos conocidos como 50% residuos de comida y 50% residuos de jardines y parques.
- Si se dispone de información sobre las cantidades de Tetra Pak o envases de cartón puede ser añadido a la fracción de residuos "Papel, cartón".
- Los plásticos incluyen el polietileno (PE), polipropileno (PP), polietileno tereftalato (PET), poliestireno (PS) y cloruro de polivinilo (PVC).

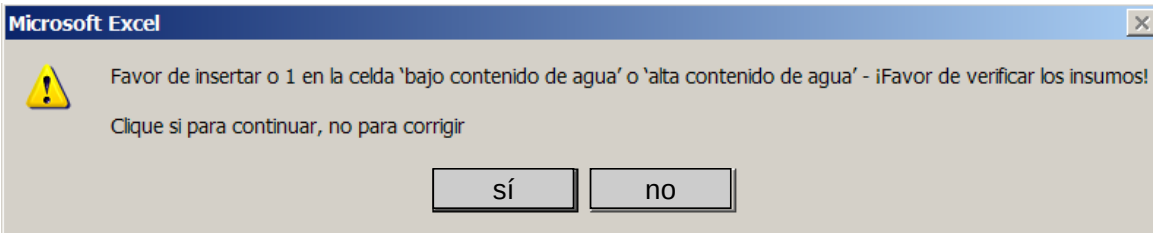
- El aluminio es el único metal no ferroso que se considera por separado aquí, otros metales no ferrosos son de menor importancia y deben ser incluidos en "Otros", si sólo se conoce un porcentaje por "metales", se recomienda dividir esta cantidad en aluminio (15%) y metales ferrosos (85%).
- "Otros" incluye todas las fracciones de residuos que no se mencionan específicamente, como "fracción fina", "chatarra electrónica", "varios" o "cadáveres y huesos", etc.

5.3. Características de los residuos - el contenido de agua

El contenido de agua de los residuos y en consecuencia el poder calorífico pueden variar considerablemente, teniendo un impacto importante en los resultados cuando se incineran residuos. La calculadora MRS-GEI respeta esta dependencia y los usuarios deben distinguir entre los residuos con contenido de agua bajo o alto.

Inserte "1" para el contenido de agua bajo o alto en las celdas de color verde. Otra opción es utilizar el asistente haciendo clic en el botón respectivo:

Si los usuarios olvidan definir el contenido de agua, serán recordados por una advertencia de Excel para comprobar su insumo al tratar de pasar a otra hoja de cálculo:



A pesar de que el contenido de agua "alto" y "bajo" es más bien una distinción arbitraria, ayuda para hacer cálculos más precisos de tal manera que se puede suponer que la desviación, debido a la simplificación, probablemente no es mayor que la incertidumbre general de los resultados. Por otra parte, el esfuerzo necesario para determinar el contenido de agua es relativamente alto y probablemente no es factible en muchos países en vías de desarrollo.

La tabla 5-2 muestra algunos de los índices para ayudar a juzgar si los residuos en cuestión tienen un contenido de agua bajo o alto.

Como regla muy general, un contenido de agua inferior al 40% puede ser considerado como bajo y un contenido de agua superior al 40% como alto.

Tabla 5-2 Índices de bajo y alto contenido de agua

Bajo Contenido de Agua	Alto Contenido de Agua
– Los residuos parecen secos	– Los residuos están lodosos, el agua gotea
– Los residuos tienen un alto contenido de cenizas, p.ej. en las regiones donde la gente calienta y cocina en estufas de carbón	– Los residuos tienen muchos residuos de alimentos provocado por los hábitos alimentarios regionales y la falta de ganado que alimentar
– Los residuos tienen pocos residuos de jardinería o de plantas, p.ej. en regiones áridas	– Los residuos tiene un alto contenido de humedad / residuos de jardinería o de plantas no leñosos, p. ej. en zonas húmedas
– Los residuos se almacenan en condiciones secas	– Los residuos se almacenan abierta-mente, las precipitaciones se suman al contenido de agua

5.4. Cálculo de los parámetros de los residuos - resultado intermedio

Basándose en la composición de los residuos y la indicación del contenido de agua bajo o alto, los parámetros de contenido de carbono regenerativo, contenido de carbono fósil y el valor calorífico son calculados tomando el contenido de carbono y el valor calorífico correspondiente de cada fracción de residuos y multiplicando con el porcentaje de cada fracción de residuo. El contenido de agua bajo y alto se considera para la fracción orgánica y la fracción no especificada (otros, especialmente fracción fina), porque estas dos fracciones suelen ser las que más varian en el contenido de agua. Otras fracciones de residuos como papel/cartón, plásticos, vidrio, metales y textiles suelen tener un contenido de agua relativamente estable y se pueden especificar con un valor calorífico fijo.

Todos los procesos de cálculo se muestran de forma transparente en la hoja de “Cálculos” en la calculadora MRS-GEI

Tabla 5-3 Contenido de carbono de fracciones de residuos - Carbono total y fósil (IPCC 2006)

	Total C	**Fósil C**	
Residuos de Comidas	15,2%	0%	% de residuos húmedos
Residuos de Parques y Jardines	19,6%	0%	% de residuos húmedos
Papel, cartón	41,4%	1%	% de residuos húmedos
Plásticos	75,0%	100%	% de residuos húmedos
Vidrio	0%	0%	% de residuos húmedos
Metales Ferrosos	0%	0%	% de residuos húmedos
Aluminio	0%	0%	% de residuos húmedos
Textiles	40,0%	20%	% de residuos húmedos
Hule, piel	56,3%	20%	% de residuos húmedos
Panales (Panales desechables)	28,0%	10%	% de residuos húmedos
Madera	42,5%	0%	% de residuos húmedos
Residuos Minerales	0,0%	0%	% de residuos húmedos
Otros	2,7%	100%	% de residuos húmedos

La Tabla 5-3 muestra los porcentajes utilizados para el contenido de carbono total y carbono fósil de las fracciones de residuos de acuerdo con (IPCC 2006). La Tabla 5-4 muestra los valores caloríficos de las fracciones de residuos utilizados en los cálculos. La tabla también muestra el contenido de agua estimado de residuos orgánicos y residuos no especificados (“Otros") en el caso de un contenido de agua bajo o alto.

Tabla 5-4 Valor calorífico de fracciones de residuos

Fracción	Valor Calorífico	
Residuos orgánicos, bajo contenido de agua	4	MJ/kg residuo húmedo
Residuos orgánicos, alto contenido de agua	2	MJ/kg residuo húmedo
Papel	11,5	MJ/kg residuo húmedo
Plásticos	31,5	MJ/kg residuo húmedo
Vidrio	0	MJ/kg residuo húmedo
Metales	0	MJ/kg residuo húmedo
Textiles, hule, piel	14,6	MJ/kg residuo húmedo
Madera	15	MJ/kg residuo húmedo
Residuos minerales	0	MJ/kg residuo húmedo
Otros bajo contenido de agua	8,4	MJ/kg residuo húmedo
Otros alto contenido de agua	5	MJ/kg residuo húmedo

Fuente: (AEA 2001), madera: estimación de IFEU

Los resultados de los cálculos para los valores caloríficos y contenidos de carbono regenerativo y fósil se muestran en la herramienta de información. Se muestran en el cuadro amarillo.

Resultados / Información Intermedia

La composición de los residuos y el contenido de agua que definio genera las siguientes propiedades físicas del total de residuos

Resultado - valor calorífico y contenido de carbono del total de residuos

Valor calorífico	en MJ/kg	6,8
Contenido total de carbono	en % residuos húmedos	24,0%
Contenido de carbono fósil	en % residuos húmedos	5,7%
Contenido de carbono regenerativo	en % residuos húmedos	18,4%

Si la celda para el valor calorífico indica "error", por favor, compruebe que la pregunta sobre el contenido de agua fue respondida correctamente. De cualquier manera, se le recordará cuando intente moverse a otra hoja de cálculo.

El contenido de carbono y el valor calorífico son parámetros importantes en muchos aspectos. Como se explica en la sección 5.2, los contenidos de carbono orgánico y fósil influyen en los resultados de las emisiones de GEI. El valor calórico es un indicador importante para la combustibilidad de los residuos. Sin embargo, los resultados calculados y mostrados en la calculadora MRS-GEI no son lo suficientemente confiables o representativos para decidir si los residuos son adecuados para la incineración o para las decisiones de la estrategia de manejo de residuos. Se necesita información más precisa adquirida por el análisis detallado de los residuos para la toma de decisiones. Los parámetros más importantes que deben ser conocidos son los contenidos de materia combustible, de ceniza y de agua. Con base en estos tres parámetros, el valor calórico se puede evaluar con la ayuda de lo que se llama el triángulo de combustible (Figura 5-1). El triángulo combina los tres parámetros en un gráfico que muestra si un residuo es capaz de una incineración auto-sostenible (zona roja) e indica el valor calorífico correspondiente.

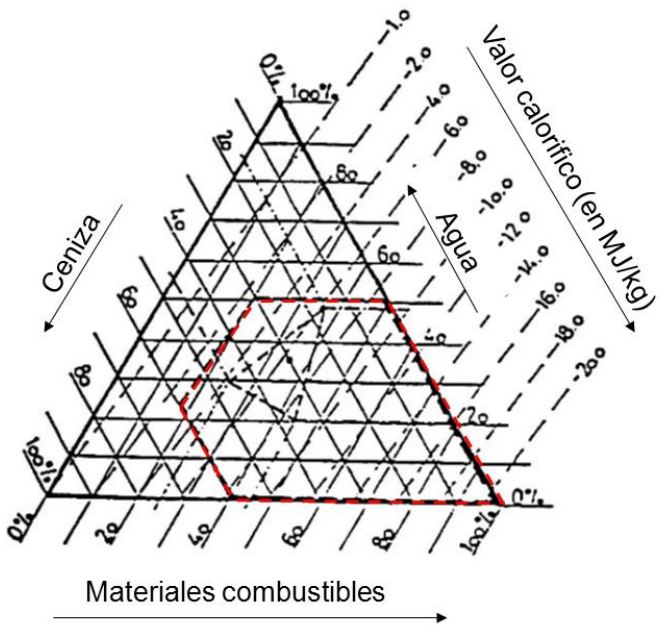


Figura 5-1 Triángulo de combustible

Como regla empírica se puede asumir que la incineración auto-sostenible es difícil o no es posible si el poder calorífico de los residuos es <6 MJ/kg. Como se mencionó anteriormente, en la práctica los residuos deben ser analizados a fondo para probar su capacidad de incineración.

Además, los contenidos de metales pesados, azufre y de halógeno, en particular, tienen un impacto considerable en los requisitos y costos de la depuración de gases de combustión. La determinación de estos parámetros requiere de estudios a fondo de la composición de los residuos, y análisis físicos y químicos.

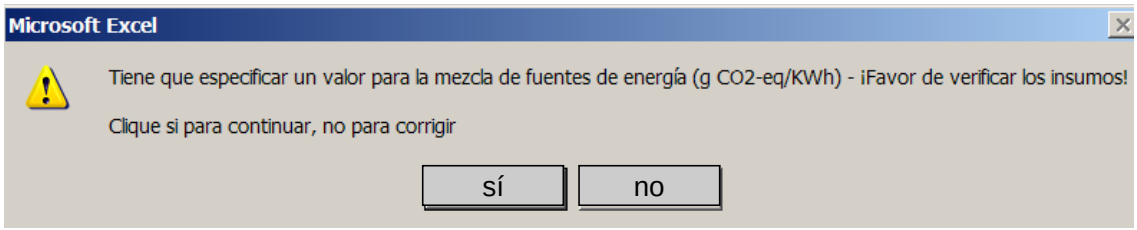
5.5. Factor de emisión de GEI específicos por País para la generación de electricidad

La generación de electricidad produce emisiones de GEI. Por lo general, estas son emisiones directas de la quema de combustibles (principalmente el CO_2 de la oxidación del carbono fósil en los combustibles) e indirectas del abastecimiento de combustibles, por ejemplo, las emisiones de metano de la mina durante la minería del carbón. En general, la cantidad específica de las emisiones de GEI por kilovatiohora de electricidad depende de las fuentes de energía o la mezcla de las fuentes de energía utilizadas para la generación de electricidad. Las más altas emisiones de GEI resultan del carbón y el petróleo, ya que tienen el contenido más alto de carbono fósil en relación con el contenido de energía. Las emisiones de GEI más bajas resultantes de combustibles fósiles son aquellas a partir de gas natural porque éste tiene un bajo contenido de carbono en relación con el contenido de energía. Casi no resultan emisiones de GEI de

las fuentes de energía renovables como el viento o el agua, o de las plantas de energía nuclear, ya que en ninguno de estos casos se quema carbono fósil.

La herramienta proporciona algunos ejemplos específicos de las emisiones de CO_2 de la generación de electricidad de diferentes países, los cuales se muestran en la Tabla 5-5. Más valores para otros países en todo el mundo se pueden encontrar en la Tabla 0-4 en el anexo. Estos factores de emisión sólo se refieren a las emisiones directas de CO_2 procedentes de la combustión de combustible. Datos a nivel mundial sobre las emisiones de GEI de la generación de electricidad, incluyendo las emisiones indirectas, no están disponibles. No obstante, la subestimación causada por no tomar en cuenta las emisiones de GEI indirectos para la producción de electricidad no es muy significativa en relación a la importancia de las emisiones de metano de los sitios de disposición final. En esta nota tampoco es absolutamente necesario ingresar el factor de emisión adecuado para un país específico. Si los usuarios saben el factor de emisión específico para la producción de electricidad en su país, entonces, por supuesto, es mejor utilizar ese valor (en g de CO_2-eq/kWh electricidad). Pero por lo demás, un valor puede ser elegido entre los valores por defecto en la tabla 5-5. Si no está seguro de cuál elegir no dude en hacer una estimación aproximada o intentar dos valores diferentes para ver la diferencia en los resultados.

Si los usuarios olvidan insertar una cifra para la mezcla de electricidad se les recuerda por una advertencia de Excel de hacerlo cuando traten de pasar a otra hoja de cálculo:



Los factores de emisión de CO_2 para la producción de electricidad no sólo se utilizan para calcular las emisiones de GEI en la demanda de electricidad, sino también para calcular el beneficio de la electricidad generada por una tecnología de tratamiento de residuos (p.ej. incineración).

Tabla 5-5 Ejemplos de las emisiones de GEI específicos de cada país para la producción de electricidad

Red eléctrica	Opciones por defecto	
Brasil (90% renovable)	51	g CO_2-eq/kWh
China (80% fósil, 18% renovable	1009	g CO_2-eq/kWh
India (75% fósil, 18% renovable	886	g CO_2-eq/kWh
México (63% fósil, 27% renovable	607	g CO_2-eq/kWh
Sudáfrica (95% fósil)	819	g CO_2-eq/kWh
Ucrania (63% fósil, 32% nuclear	276	g CO_2-eq/kWh

Fuente: EIA Administración de Información de Energía: Estadísticas oficiales de energía del gobierno de EE.UU. Generación de electricidad neta total mundial de 2005, y las emisiones de CO_2 de las centrales eléctricas en todo el mundo utilizando datos de Carma (www.carma.org)

6. "Reciclaje"

En la hoja de cálculo de "Reciclaje" se le pedirán las tasas de reciclado de diferentes fracciones de residuos y, además, el tipo de tratamiento en el caso de los residuos orgánicos:

- Las tasas de reciclaje de materiales secos
- Las tasas de reciclaje de residuos orgánicos (residuos de comida, residuos de jardines y parques)
- La proporción de compostaje y digestión anaerobia de residuos orgánicos reciclados

6.1. Materiales secos

Las fracciones de residuos secos que se consideran en la calculadora MRS-GEI son:

- Papel, cartón,
- Plásticos
- Vidrio
- Metales férreos
- Aluminio
- Textiles

La tasa de reciclaje que se pide en la calculadora MRS-GEI corresponde a la cantidad de cada fracción de residuos en la generación total de residuos (Figura 6-1).

Ejemplo - tasa de reciclaje de papel, cartón:

El total de residuos en una región es de 1.000.000 de toneladas por año. La proporción de papel y cartón en la cantidad total de residuos es de 10% = 100.000

toneladas por año.
La tasa de reciclaje define la cantidad de cuánto de las 100.000 toneladas de papel y cartón en el total de residuos se recicla.
→Si 30.000 toneladas de papel y cartón se reciclan cada año, entonces la tasa de reciclado es de 30.000 / 100.000 = 30% y este valor debe introducirse en las celdas de color verde.

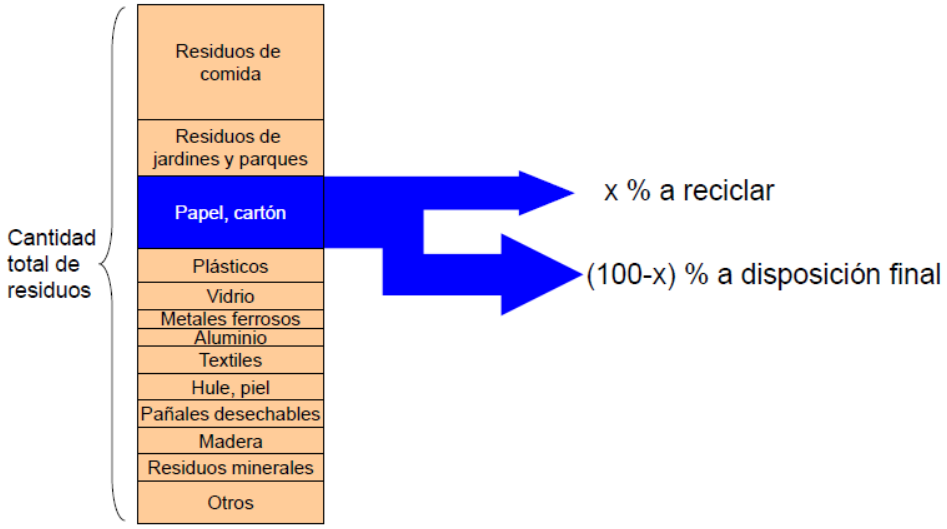


Figura 6-1 Ejemplo de tasa de reciclado de papel y cartón

La tasa de reciclado debe incluir las actividades del sector informal. Por lo tanto, la cantidad de residuos que ya está separada por el sector informal debe incluirse en el cálculo.

Las tasas de reciclado varían de país a país y no es posible proporcionar valores por defecto. Por lo general, los países con sistemas integrales de gestión de residuos tienen tasas de reciclaje altas. La tabla 5-5 muestra las tasas de reciclaje de fracciones de residuos en la Unión Europea (Prognos / IFEU / INFU 2008), para Alemania, según la evaluación de (IFEU / Öko-Institut, 2009) en 2006 y para México en 2004 (SEMARNAT / INE 2006).

Tabla 6-1 Tasas de reciclado en la Comunidad Europea 27 y en Alemania

	UE 27	**Alemania**	**México**
	Prognos/IFEU/ INFU 2008	Öko-Institut/ IFEU 2009	SEMARNAT/ INE 2006
Vidrio	50%	63%	13%
Papel, cartón	56%	78%	16%
Plásticos	35%	57%	8%
Metales ferrosos	76%		80%
Aluminio	66%		
Textiles	32%		
Residuos orgánicos	37%	63%	3%

6.2. Compostaje y / o digestión de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos tomados en cuenta en la calculadora MRS-GEI son:

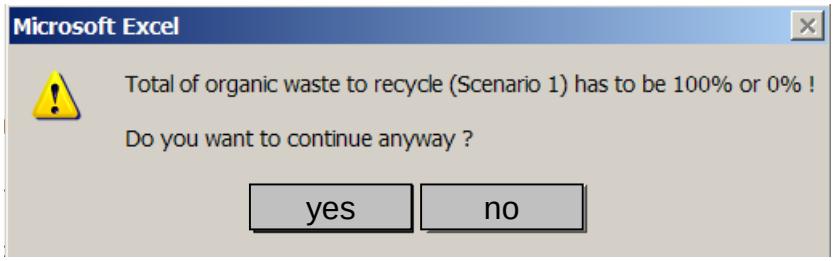
- Residuos de comida
- Residuos de jardines y parques

La tasa de reciclaje de residuos orgánicos se debe introducir de manera análoga a los materiales secos. La calculadora MRS-GEI calcula dos opciones de tratamiento para los residuos orgánicos: compostaje y digestión anaerobica. El siguiente paso pide información sobre la cantidad de los residuos orgánicos compostados o tratados en un digestor. El valor de referencia aquí es la cantidad de residuos de comida y residuos de jardines y parques de la producción total de residuos. Como una simplificación, ya no se distinguen estas dos fracciones de residuos orgánicos.

Ejemplo - tasa de reciclaje y el tipo de tratamiento de residuos orgánicos

La cantidad total de residuos en una región es de 1.000.000 toneladas por año.
La proporción de residuos de comida sobre el total de residuos es de 40%= 400.000 toneladas por año.
La proporción de residuos de jardines y parques sobre el total de residuos es del 15% = 150.000 toneladas por año.
La tasa de reciclaje de residuos de comida es 20% = 80.000 toneladas por año.
La tasa de reciclaje de residuos de jardines y parques es 50%= 75.000 toneladas por año.
→ En total, 155.000 toneladas de residuos orgánicos se reciclan cada año.
El siguiente paso pide cuánto de esas 155.000 toneladas de residuos orgánicos es tratado vía compostaje o digestión.
→ Si 15.500 toneladas de residuos orgánicos se tratan en un digestor y el resto es compostado a continuación, 15.500 / 155.000 = 10% debe ser ingresado en las celdas verdes para la digestión y 90% para el compostaje.

Si los residuos orgánicos son reciclados, los residuos orgánicos totales sometidos a digestión y / o compostados deben ser 100% en cualquier caso. Si no hay reciclaje de los residuos orgánicos, las celdas verdes no deben ser llenadas. Si usted olvida llenar correctamente las celdas verdes respectivas, se le recordará con una advertencia de Excel para comprobar la suma al intentar pasar a una hoja de cálculo diferente:



6.3. Resultados intermedios - parámetros de los residuos restantes

Los porcentajes de reciclaje definidos cambian la composición de los residuos restantes y, por consiguiente sus características. Para su información, los valores caloríficos correspondientes y el contenido de carbono regenerativo y fósil de los residuos restantes se presentan ahora como los resultados intermedios, que se muestran en el cuadro amarillo.

Resultado / información Intermedia
La recolección separada cambia la composición original del residuo, la tasa de reciclado que insertó nos da las siguientes propiedades físicas del residuo restante:

Resultado - contenido de carbono del total de residuos		Status Quo	Situación 1	Situación 2	Situación 3
Valor calorífico	en MJ/kg	6,2	5,8	5,8	5,4
Contenido de carbono total	en % residuo humedo	22,7%	21,7%	21,7%	20,5%
Contenido de carbono fósil	en % residuo humedo	4,4%	3,6%	3,6%	2,6%
Contenido de carbono regenerativo	en % residuo humedo	18,3%	18,1%	18,1%	17,9%

Los siguientes cálculos para la disposición final se basan en esta composición elemental de los residuos restantes.

6.4. Reciclaje - procesos de tratamiento y factores de emisión de GEI

Las emisiones de GEI para las fracciones de los residuos reciclados definidos en este paso se calculan sobre la base de la masa de residuos reciclados y un factor de emisión de GEI. Los factores de emisión de GEI utilizados se muestran en el anexo. Éstos corresponden al nivel europeo, y se describen brevemente en el anexo.

7. "Disposición"

En la hoja de cálculo "Disposición final" se piden el tipo de disposición de los residuos restantes y algunos datos sobre la tecnología de disposición final.

- Opciones para el tratamiento y disposición final de residuos
- Los datos sobre las tecnologías de disposición – relleno sanitario
- Los datos sobre las tecnologías de disposición – planta de incineración

Los residuos restantes son los residuos que quedan después de que el material reciclado ha sido extraído de la producción total de residuos, ya sea por el sector informal o por la recolección selectiva (véase la Figura 6-1 "(100-x) % de su disposición").

Ejemplo - Residuos restantes

La cantidad total de residuos en una región es de 1.000.000 de toneladas por año.
El total de residuos reciclados es de 300.000 toneladas al año (suma de papel, cartón, plásticos, vidrio, metales ferrosos, aluminio, textiles, residuos de alimentos, residuos de jardín y parque para ser reciclado).

El resultado de los residuos restantes es de 1.000.000 - 300.000 = 700.000 toneladas por año.

Usted debe indicar el tipo de tratamiento para esta cantidad de residuos restantes en la hoja de cálculo de “disposición”.

7.1. Opciones para el tratamiento y disposición de residuos

Existen múltiples tipos de tratamiento y tecnologías. Algunos se deben evitar a toda costa, ya que plantean riesgos para la salud de la población y dañan el medio ambiente, otros son muy simples pero al menos de menor peligrosidad, y, finalmente, hay tecnologías de tratamiento sofisticadas o avanzadas. Las tecnologías de tratamiento representadas en la calculadora MRS-GEI se enumeran a continuación.

El primer grupo incluye prácticas comunes de la actualidad que deben ser evitadas a toda costa. Ellas incluyen a los residuos que no se recogen regularmente, pero por lo general son dispersos o dispuestos en un tiradero. Además, los residuos dispersos a veces se queman a cielo abierto (incluso directamente en los hogares), produciendo grandes cantidades de sustancias extremadamente tóxicas (en particular, las dioxinas, furanos, hidrocarburos aromáticos...).

1) Residuos dispersos no quemados
2) Quema de residuos dispersos
3 Tiraderos / sitios de disposición final no administrados

El segundo grupo es el de tecnologías simples de tratamiento y disposición final. Aparte de la disposición en rellenos controlados esto incluye la estabilización biológica simple (BS) antes de su disposición final, con la cual se reducen las emisiones de metano.

4) Relleno controlado / relleno sanitario sin recolección de biogás
5) Relleno sanitario con recolección de biogás
6) BS[2] + Vertedero

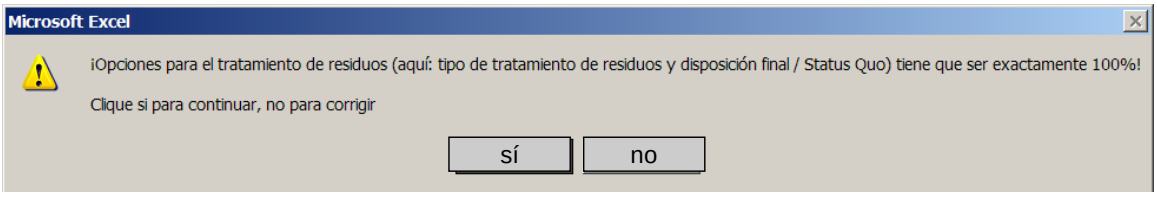
El tercer grupo incluye las tecnologías avanzadas. Además de la incineración de residuos esto incluye opciones de tratamiento con el fin de separar las fracciones reciclables, antes de la estabilización biológica de los residuos restantes, antes de que se envíen al relleno, o para producir un combustible derivado de residuo que puede ser co-incinerado, p. ej. en hornos de cemento.

7) MBT[3] + tratamiento adicional + relleno
8) MBS/MPS[4] + co-procesamiento en hornos de cemento
9) Incineración

El total de los porcentajes de tratamiento y disposición final de residuos introducidos en la calculadora debe ser igual al 100%. Si usted olvida llenar las celdas verdes

[2] Estabilización Biológica
[3] Tratamiento mecánico-biológico
[4] Estabilización mecánica-biológica / Estabilización mecánica-física

respectivas correctamente, se le recordará con una advertencia de Excel al intentar pasar a otra hoja de cálculo para que compruebe la suma:



Todos los tipos de tratamiento y tecnologías mencionadas se describen brevemente en el anexo.

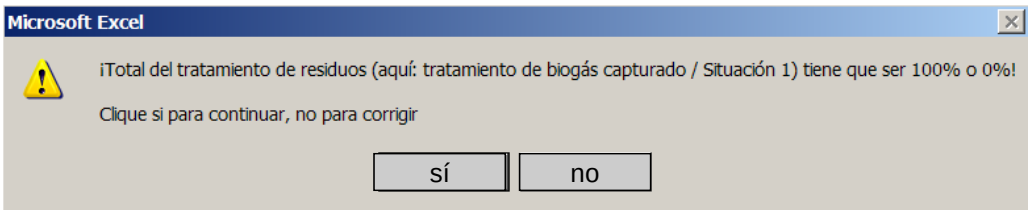
7.2. Datos sobre las tecnologías de disposición

La herramienta permite la definición de algunos parámetros importantes ya sea en función de los residuos que se envían al relleno o los que son incinerados:

- La eficiencia de la captura de biogás
- Tratamiento de biogás capturado del relleno
- La eficiencia neta del uso de la energía mediante la incineración de residuos

La eficiencia de captura de biogás en este contexto significa la fracción del metano potencial generado de una determinada cantidad de residuos que puede ser recolectado, o en otras palabras, la proporción de gas de relleno capturado respecto al total de gas generado a partir de una determinada cantidad de residuos.

Las opciones de tratamiento para el biogás capturado son: ventilación sin tratamiento, la quema o la generación de electricidad. El total de los porcentajes de tratamiento de gases que se introduce debe ser igual al 100%. Si usted olvida llenar las celdas verdes respectivas correctamente, se le recordará con una advertencia de Excel al intentar pasar a otra hoja de cálculo para comprobar la suma:



Más información sobre la eficiencia neta del uso de la energía mediante la incineración de residuos y la eficiencia de captura de biogás y el tratamiento del gas capturado se puede encontrar en el anexo.

8. "Costos"

Las cifras de costos típicos por defecto para las distintas actividades se han deducido de la literatura, de bases de datos y del empirismo. Se pueden introducir datos del usuario, si están disponibles. Los valores representan costos totales promedios (costos

básicos dinámicos) y pueden variar considerablemente de acuerdo a las condiciones nacionales y locales. El nivel de la tecnología también tiene una influencia importante en el costo total.

Se asume también que los costos de establecer sistemas de recolección son requeridos en todas las situaciones y por eso no se toman en cuenta.

Los costos de reciclaje son los costos efectivos desde el punto de vista del municipio. Se asume que los costos de recolección y tratamiento están cubiertos por los ingresos, independientemente de quién es responsable de la recolección y el tratamiento. Los gastos de los municipios consisten principalmente en gastos de relaciones públicas, la provisión de contenedores y/o bolsas para la recolección de materiales reciclables, los gastos de administración, etc.

La tabla 8-1 muestra una serie de costos mínimos y máximos por tonelada de residuos para las diferentes opciones de tratamiento incluidos en la calculadora MRS-GEI. Los valores también se pueden encontrar en la calculadora MRS-GEI. Están basados en los datos de (eunomia).

Tabla 8-1 Costos básicos dinámicos (DPC, por sus siglas en inglés) - Valores por defecto de las opciones de tratamiento.

Costos en Euros/t Residuos	**Mínimo**	**Máximo**
Vertedero controlado / vertedero sin recolección de gases	3	5
Relleno sanitario con recolección de gases	12	20
BS + vertedero	15	25
MBT + tratamiento posterior + vertedero	40	60
MBS / MPS + co-procesamiento en hornos de cemento	50	80
Incineración	90	150
Reciclado de los residuos secos	0	5
Compostaje [1)]	20	40
Digestión	60	90

Fuente: Estimados KfW

En general, los costos específicos dependen del orden de magnitud, que disminuyen con el aumento de capacidad de la planta (economía de escala). Como regla general, las siguientes poblaciones deben estar relacionadas con las plantas respectivas:

- Relleno sanitario > 300.000 a 500.000 habitantes
- Planta de compostaje simple > 20.000 a 100.000 habitantes
- Compostaje avanzado o planta de digestión > 100.000 habitantes
- Planta Waste-to-Energy (incineración) > 1.000.000 habitantes

Explicación de los costos primarios dinámicos

Los costos dinámicos primarios son los costos anuales totales discretos (costos capitales, costos operativos, costos adicionales, inversiones de sustitución, etc.) acumulados durante la vida útil calculada de la inversión, actualizado a 1 año de la inversión, dividido por la cantidad total acumulada anual de descuento de residuos que se tratan en este período. Los costos dinámicos primarios corresponden a la cuota teórica que un operador necesita cobrar para cubrir los costos totales, incluidos los intereses emergentes para el tratamiento y disposición de los residuos en la planta a fin de equilibrar los excedentes y los déficits en el período de explotación total.

9. "Resultados"

Los resultados de los datos introducidos y de los cálculos, como se explicó anteriormente, se muestran en diferentes hojas de trabajo en la calculadora MRS-GEI:

Resultados de un escenario:
- "Resultados SQ": los resultados del balance de emisiones de GEI para el Status Quo
- "Resultados Sc1": los resultados del balance de emisiones de GEI para la situación 1
- "Resultados Sc2": los resultados del balance de emisiones de GEI para la situación 2
- "Resultados Sc3": los resultados del balance de emisiones de GEI para la situación 3

"Resultados todos":	Comparación del los balances de las emisiones de GEI - cantidades de residuos y emisiones de GEI.
"Resultados costos todos":	Comparación de escenarios - gastos anuales y costos específicos de mitigación de GEI.

9.1. Resultados de los escenarios

En primer lugar, todos los resultados que se refieren a uno de los escenarios se muestran en una hoja aparte. La hoja de trabajo está estructurada de la siguiente manera:

- Residuos tratados en ton/año
- Resultados de las emisiones de GEI de reciclaje y disposición en CO_2-eq/año
- Resultados de los costos absolutos para la situación hipotética calculada
- Resultados de los costos específicos por t CO_2-eq para la situación calculada

Los **residuos tratados** en toneladas por año se muestran en una tabla, un gráfico de barras y en un diagrama de balance de masa.

Los **resultados para las emisiones de GEI del el reciclaje y la disposición final**, se muestran en una tabla y un gráfico de barras (Figura 9-1). Esta figura muestra los

resultados de un escenario Status Quo teórico, como se describe en la sección 3. El gráfico de barras muestra los resultados por separado para el reciclaje y para las actividades de disposición final y también como la suma de ambos componentes (“Total RSU"). La primera barra de la figura indica las emisiones de GEI causados por el reciclaje (cargos). La segunda barra representa el ahorro de emisiones por el reciclaje (créditos, valores negativos). La tercera barra muestra el efecto neto, es decir, la diferencia entre los débitos y créditos (neto).

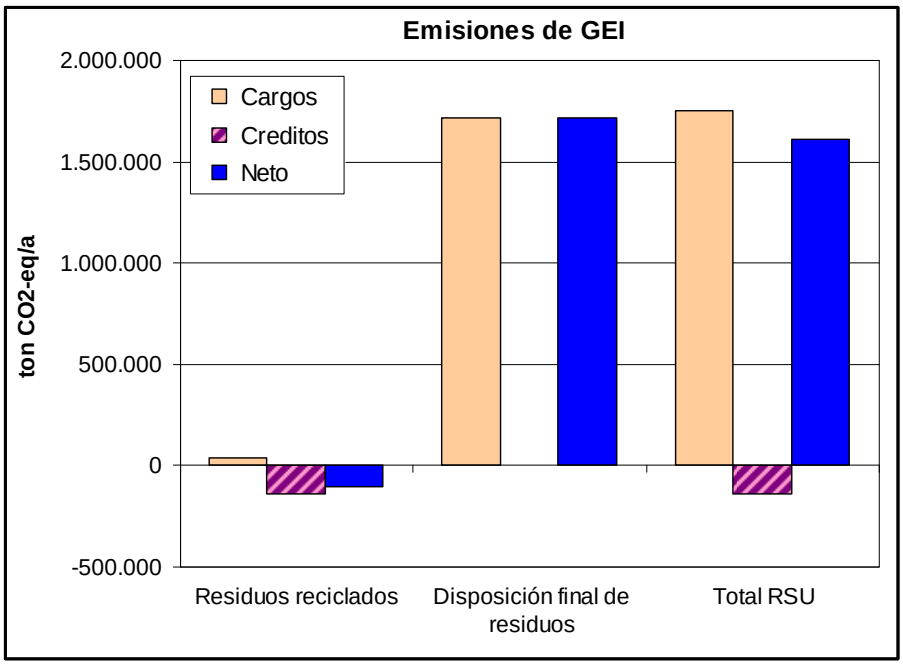


Figura 9-1 Emisiones de GEI en un escenario Status Quo teórico (ver sección 3)

Además, los resultados de las emisiones de GEI se muestran con más detalle, tanto para el reciclaje (Figura 9-2) como para la disposición (Figura 9-3).

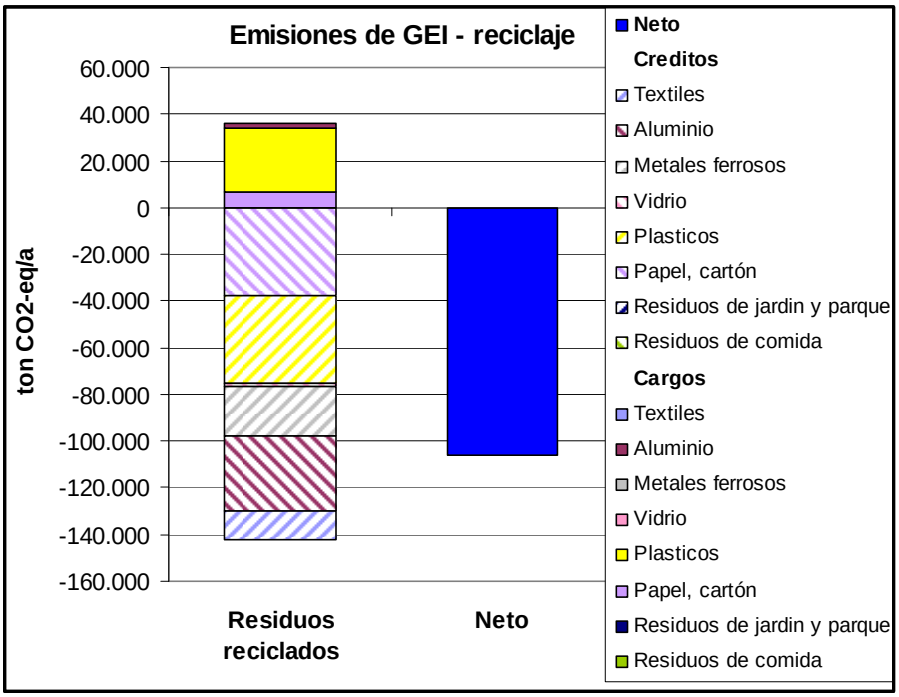


Figura 9-2 Emisiones de GEI por fracción de residuos - Reciclaje

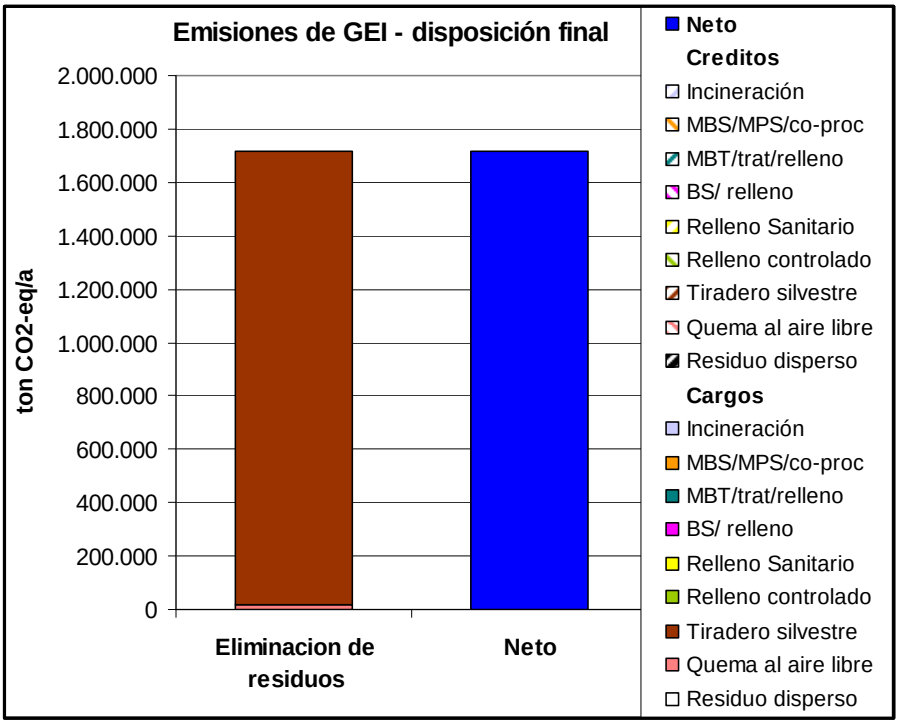


Figura 9-3 Emisiones de GEI por la opción de tratamiento - disposición final

En la figura de reciclaje (Figura 9-2) las barras de "cargos" y "créditos" son detalladas para cada fracción de residuos reciclados. Así, los valores positivos en la primera barra

(“residuos reciclados") muestran los cargos (emisiones de GEI procedentes del reciclaje de plásticos y papel, la contribución de las otras fracciones es demasiado pequeña para ser visible) y los valores negativos en la primera barra muestran los créditos (con la mayor contribución de los plásticos y papel, seguido del reciclaje de aluminio, metales ferrosos y los textiles). La segunda barra (“Neto") de nuevo representa el resultado neto, la diferencia entre los valores positivos (cargos) y negativos (créditos), y es idéntico al resultado neto para los “residuos reciclados" en la Figura 9-1.

En la figura de la disposición final (Figura 9-3) las barras de "cargos" y "créditos" son detalladas para cada tipo de tratamiento. Similar al ejemplo para un escenario de Status Quo, los residuos sólidos urbanos se queman al aire libre (10%) y el resto se deposita en tiraderos (90%). Sólo estas opciones de tratamiento contribuyen a que el resultado tenga valores positivos (cargos) en la primera barra (“disposición de residuos"). Ningún beneficio se deriva de estas opciones de tratamiento, por lo tanto no se ven créditos o valores negativos. La segunda barra (“Neto") de nuevo representa el resultado neto, la diferencia entre los valores positivos (cargos) y negativos (créditos), y es idéntico al resultado neto de "disposición de residuos" en la Figura 9-1.

Los **resultados de los costos absolutos y los costos específicos por t CO_2-eq** se muestran en las tablas (p. ej. véase la Tabla 9-1 y Tabla 9-2).

Tabla 9-1 Costos absolutos en un escenario Status Quo hipotético

	Euro / año
Reciclado de residuos secos	419850
Compostaje de residuos orgánicos	0
Digestión de residuos orgánicos	0
Residuos no reciclables en basurero / relleno controlado sin recolección de biogás	0
Residuos no reciclables en relleno sanitario con recolección de biogás	0
Residuos no reciclables en BS / relleno	0
Residuos no reciclables en MBT / tratamiento / relleno	0
Residuos no reciclables en MBS / MPS / co-procesamiento	0
Residuos no reciclables en incineración	0
Total	**419850**

Tabla 9-2 Costos específicos por tonelada de CO_2-eq en el Status Quo

Total de emisiones de GEI en CO_2-eq/yr t	1609844
Costos totales en euros / año	419850
Costos específicos en euros / t CO_2-eq	0,26

9.2. "Resultados todos"

Esta hoja de trabajo muestra los resultados de los flujos de masa de residuos y las emisiones de GEI para todos los escenarios calculados. La parte superior muestra una tabla y un gráfico de barras que comparan las cantidades de residuos tratados en cada

escenario. Los resultados de las emisiones de GEI también se muestran en una tabla de abajo y, además en dos gráficos de barras. Los ejemplos mostrados a continuación corresponden a los resultados de los escenarios como se define en la sección 3. El primer diagrama (Figura 9-4) compara los cuatro escenarios y muestra los resultados de la misma manera como en la Figura 9-1. La primera barra (cargos) muestra las emisiones totales de GEI en el escenario de Status Quo, la segunda barra muestra los créditos, y la tercera barra el resultado neto.

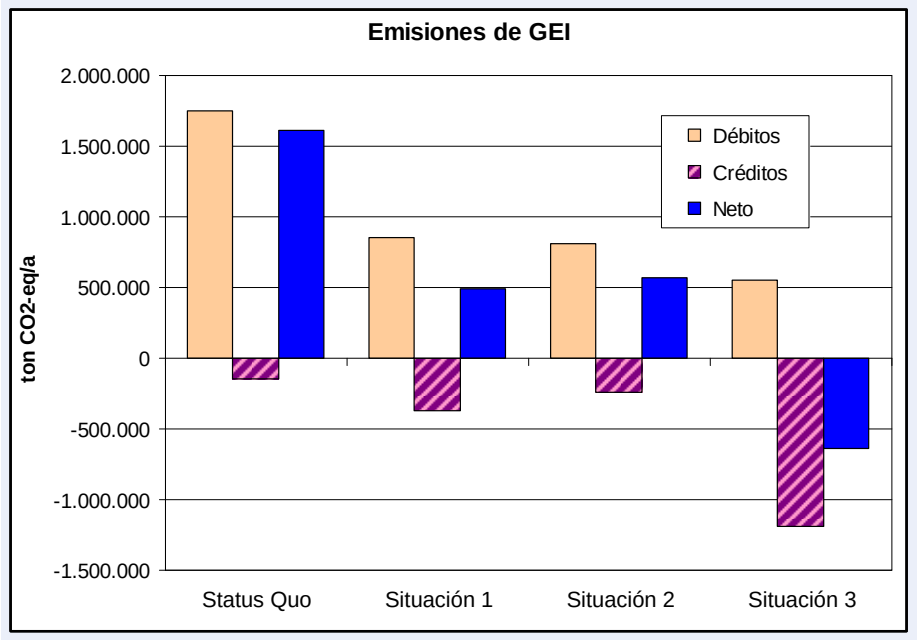


Figura 9-4 Resumen de las emisiones de GEI para todos los escenarios

La figura 9-5 también muestra los resultados de la comparación de los cuatro escenarios, pero con una estructura diferente y con más detalle. La primera sección se refiere a los resultados del reciclaje. Las primeras cuatro barras muestran los cargos del reciclaje y las segundas cuatro barras los créditos de reciclaje en los cuatro escenarios. La siguiente sección muestra lo mismo para la disposición final de los residuos. En la sección final los cargos, créditos y resultados netos se muestran para el tratamiento de residuos sólidos urbanos en cada caso para los cuatro escenarios.

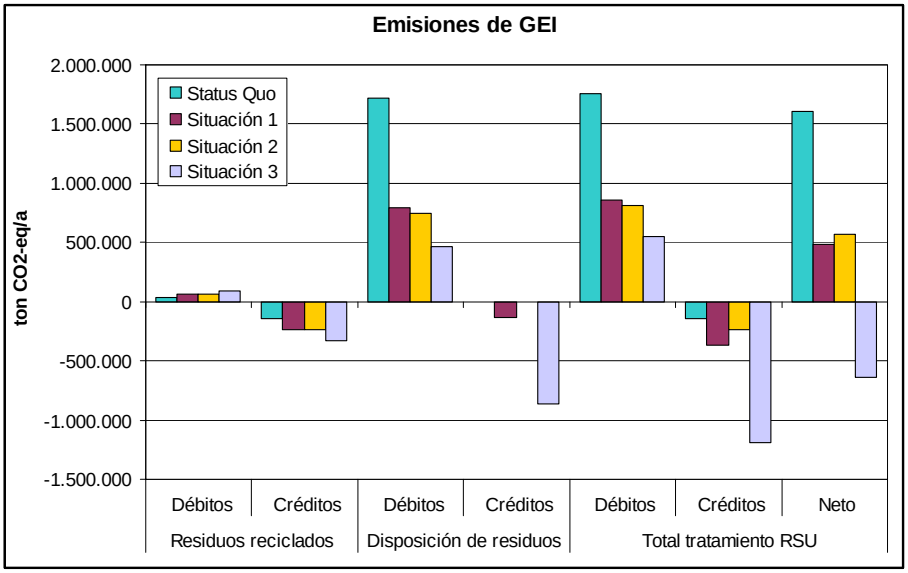


Figura 9-5 Resumen de las emisiones de GEI para todos los escenarios

9.3. "Resultados costos todos"

Esta hoja de trabajo muestra los resultados de los costos absolutos para todos los escenarios considerados en una tabla. Además, los costos de mitigación se muestran en una tabla separada a continuación. Los costos de mitigación se calculan como una comparación con el Status Quo y por tonelada de residuos tratados en cada caso. Dependiendo de los resultados, puede ocurrir que no sea razonable indicar los costos de mitigación. Por ejemplo, cuando un escenario provoca más emisiones de GEI que el escenario de Status Quo, ningún costo de mitigación se puede calcular ya que no se reducen las emisiones de GEI. Tampoco se pueden explicar los costos de mitigación si el costo total de un escenario que minimiza las emisiones de GEI es inferior a los costos totales en el Status Quo. Aunque este caso no es muy probable o es más probable el efecto de una entrada incorrecta, los "costos" resultantes no serian los costos de mitigación, sino representan una ganancia.

10. "Cálculo"

La hoja de trabajo final de la calculadora MRS-GEI contiene todos los cálculos descritos en las secciones anteriores. En general, los factores y los vínculos que se utilizan deben poner a los usuarios en condiciones de comprender los cálculos de la mejor manera posible. Además, se dan más explicaciones en los comentarios de Excel.

Los siguientes factores son dados y los cálculos se presentan en el primer sector de la hoja de cálculo:

- Factores de emisión para la demanda de energía
- Contenido de carbono de las fracciones de residuos
- Valor calorífico de las fracciones de residuos

- Total de cantidades de residuos, valor calorífico y contenido de carbono
- Porcentaje de reciclaje, los residuos restantes no reciclables, valor calorífico, contenido de carbono
- Composición calculada de los residuos restantes no reciclables
- Contenido de carbono y valor calorífico calculado de los residuos restantes

Los factores de emisión son proporcionados (reciclaje) o calculados (disposición final) en el sector siguiente:

- Factores de emisión para el reciclaje
- Factores de emisión para las opciones de tratamiento de residuos no reciclables

El siguiente sector muestra los resultados por la cantidad de residuos y las emisiones de GEI (primero para el reciclaje y a continuación para el tratamiento de los residuos restantes) que se transfieren a las hojas de resultado:

- Resultados de Potencial de Calentamiento Global (GWP) del reciclaje
- Resultados del GWP de tratamiento de residuos no reciclables

El último sector muestra los resultados para el total de costos que se transfieren a las hojas de resultado:

Resultados de los costos totales

11. Referencias

(AEA 2001), Waste Management Options and Climate Change, Final Report to the European Commission, DG Environment, AEA Technology plc, July 2001

(ANS/DWA 2009), Verbesserter Klimaschutz bei der Abfallentsorgung in Schwellen- und Entwicklungsländern durch Anpassung des Emissionshandels, Position des ANS/-DWA-Fachausschusses „Internationale Abfallwirtschaft“, in: Müll und Abfall 3-09

(CEWEP 2006), CEWEP Energy Report (Status 2001 – 2004) Results of Specific Data for Energy, Efficiency Rates and Coefficients, Plant Efficiency Factors and NCV of 97 European W-t-E Plants and Determination of the Main Energy Results. Bamberg, update July 2006

(DSW 2007), DSW-Datenreport, soziale und demografische Daten zur Weltbevölkerung, Deutsche Stiftung Weltbevölkerung (DSW), August 2007

(eunomia), Costs for Municipal Waste Management in the EU, final report to DG Environment European Commission, eunomia research & consulting on behalf of Ecotec research & consulting, without year

(IPCC 2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste, Chapter 2: Waste Generation, Composition and Management Data

(IPCC 1996), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

(KfW 2008), Financial feasibility versus environmental soundness? German-Turkish environmental technology workshop 2008, Istanbul 19/20 June 2008, Wolfgang Pfaff-Simoneit, KfW Entwicklungsbank

(IFEU 2008), Giegrich, J., Vogt, R.: Strategy Proposals for Optimising German Development Cooperation - Contribution to GHG Mitigation in the Waste Management Sector, commissioned by Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), December 2008

(Öko-Institut/IFEU 2009), Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft. Am Beispiel Siedlungsabfälle und Altholz. Öko-Institut Darmstadt und Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes und des Bundesverbandes der deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE). FKZ 3708 31 302, in Bearbeitung

(Öko-Institut 2002), Dehoust, G.; Gebhard, P.; Gärtner, S.: "Der Beitrag der thermischen Abfallbehandlung zu Klimaschutz, Luftreinhaltung und Ressourcenschonung", Studie des Öko-Instituts im Auftrag der Interessengemeinschaft der Betreiber thermischer Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland (ITAD), 2002

(Prognos, IFEU, INFU 2008), Resource savings and CO_2-reduction potential in waste management in Europe and the possible contribution to the CO_2 reduction target in 2020, multi client study, 2008

(SEMARNAT, INE 2006), Diagnóstico básico para la gestión integral des residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMERNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), 26.10.2006

(Troge 2007), Der Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz, Vortrag von Prof. Dr. Andreas Troge, Präsident des Umweltbundesamtes, auf der Veranstaltung "Thermische Abfallbehandlung" am 7. März 2007 in München

(UBA 2009), German CDM Manual. Guidance for Applicants, Version 1.3 http://www.dehst.de/cln_090/nn_484538/SharedDocs/Downloads/DE/JI__CDM/JI-CDM__CDM__Manual__englisch,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/JI-CDM_CDM_Manual_englisch.pdf

(VDZ 2008), Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2007. Verein deutscher Zementwerke (VDZ) e.V., September 2008

Abreviaturas

BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit ("Ministerio Federal de Cooperación Económica y el Desarrollo de Alemania")
BS	estabilización biológica (por sus siglas en inglés)
C	carbono
CDR	Combustible derivado de los residuos
CER	Reducciones Certificadas de Emisiones (por sus siglas en inglés)
CHP	Calor combinado y unidad de poder (por sus siglas en inglés)
CO_2	Dióxido de carbono
COD	Carbono orgánico degradable
EBI	Economías de bajos ingresos
EMI	Economías de medios ingresos
eq	Equivalentes
ELCD	Plataforma de datos Europea de los LCA
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit ("Cooperación Alemana al Desarrollo“), antes GTZ
GWP	Potencial de Calentamiento Global (por sus siglas en inglés)
HDPE	Polietileno de alta densidad (por sus siglas en inglés)
IC	Implementación Conjunta
IMF	Fondo Monetario Internacional
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
IRSU	Incineración de residuos sólidos urbanos
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau ("Cooperación Financiera Alemana“)
kg	Kilogramo
kWh	Kilovatiohora
LCA	Evaluación del ciclo de vida (por sus siglas en inglés)
LDPE	Polietileno de baja densidad (por sus siglas en inglés)
MBS	Estabilización mecánico-biológica (por sus siglas en inglés)
MBT	Tratamiento mecánico-biológico (por sus siglas en inglés)
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio

MJ	Megajulios
MRS	Manejo de residuos sólidos
MPS	Estabilización físico-mecánica (por sus siglas en inglés)
PE	Polietileno
PET	Polietileno tereftalato
PO	Poliolefinas
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de vinilo
RSU	Residuos sólidos urbanos
t	Tonelada métrica
UNFCCC	Marco de la Convención de las Naciones Unidas la Convención sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
URE	Unidades de Reducción de Emisiones
WtE	De residuo a energía (por sus siglas en inglés)

Anexos

Página

I. Generación especifica de residuos sólidos urbanos y manejo de datos 38
II. Población y grado de urbanización 42
III. Valores regionales por defecto para los datos de composición de RSU por porcentaje 45
IV. Emisiones de CO_2 específicas para cada país debido a la generación de electricidad 46
V. "Reciclaje" - descripción de los procesos de tratamiento 49
VI. "Disposición" - descripción del tratamiento de residuos y disposición de procesos 54

I. Generación especifica de residuos sólidos urbanos y manejo de datos (IPCC 2006)

De acuerdo con (IPCC 2006) los residuos urbanos se definen generalmente como los residuos recogidos por los municipios u otras autoridades locales. Sin embargo, esta definición varía por país. Típicamente, los RSU incluyen los residuos domésticos, residuos de jardines (patio) y parques, y los residuos comerciales e institucionales. Los datos por defecto de composición regional de los RSU se dan en la tabla 0-1.

Tabla 0-1 Generación de residuos sólidos urbanos específicos y de manejo de datos (IPCC 2006)

TABLE 2A.1
MSW GENERATION AND MANAGEMENT DATA - BY COUNTRY AND REGIONAL AVERAGES

Region /Country	MSW [1, 2] Generation Rate IPCC -1996 values [4] (tonnes/cap/yr)	MSW [1, 2, 3] Generation Rate Year 2000 (tonnes/cap/yr)	Fraction of MSW disposed to SWDS IPCC-1996 values [4]	Fraction of MSW disposed to SWDS	Fraction of MSW incinerated	Fraction of MSW composted	Fraction of other MSW management, unspecified [5]	Source
Asia								
Eastern Asia	**0.41**	**0.37**	**0.38**	**0.55**	**0.26**	**0.01**	**0.18**	
China		0.27		0.97	0.02	0.01		1
Japan	0.41	0.47	0.38	0.25	0.72	0.02	0.01	2, 31
Rep. of Korea		0.38		0.42	0.04		0.54	3
Southern and Central Asia	**0.12**	**0.21**	**0.60**	**0.74**	**-**	**0.05**	**0.21**	
Bangladesh		0.18		0.95			0.05	4
India	0.12	0.17	0.60	0.70		0.20	0.10	4
Nepal		0.18		0.40			0.60	4
Sri Lanka		0.32		0.90			0.10	4
South-eastern Asia		**0.27**		**0.59**	**0.09**	**0.05**	**0.27**	
Indonesia		0.28		0.80	0.05	0.10	0.05	4
Lao PDR		0.25		0.40			0.60	4
Malaysia		0.30		0.70	0.05	0.10	0.15	4
Myanmar		0.16		0.60			0.40	4
Philippines		0.19		0.62		0.10	0.28	4, 5
Singapore		0.40		0.20	0.58		0.22	6
Thailand		0.40		0.80	0.05	0.10	0.05	4
Vietnam		0.20		0.60			0.40	4
Africa								
Africa [6]		**0.29**		**0.69**			**0.31**	
Egypt				0.70			0.30	4
Sudan		0.29		0.82			0.18	7
South Africa			1.00	0.90			0.10	4
Nigeria				0.40			0.60	4
Europe								
Eastern Europe		**0.38**		**0.9**	**0.04**	**0.01**	**0.02**	
Bulgaria		0.52		1.00	0.00	0.00	0.00	8
Croatia				1.00	0.00	0.00	0.00	8
Czech Republic		0.33		0.75	0.14	0.04	0.06	8
Estonia		0.44		0.98	0.00	0.00	0.02	8
Hungary		0.45		0.92	0.08	0.00	0.00	8
Latvia		0.27		0.92	0.04	0.02	0.02	8
Lithuania		0.31		1.00	0.00	0.00	0.00	8
Poland		0.32		0.98	0.00	0.02	0.00	8

Tabla 0-1 continuación - Generación de residuos sólidos urbanos específicos y de gestión de datos (IPCC 2006)

TABLE 2A.1 (CONTINUED)
MSW GENERATION AND MANAGEMENT DATA - BY COUNTRY AND REGIONAL AVERAGES

Region /Country	MSW [1, 2] Generation Rate IPCC -1996 values [4] (tonnes/cap/yr)	MSW [1, 2, 3] Generation Rate Year 2000 (tonnes/cap/yr)	Fraction of MSW disposed to SWDS IPCC-1996 values [4]	Fraction of MSW disposed to SWDS	Fraction of MSW incinerated	Fraction of MSW composted	Fraction of other MSW management, unspecified [5]	Source
Romania		0.36		1.00	0.00	0.00	0.00	8
Russian Federation	0.32	0.34	0.94	0.71	0.19	0.00	0.10	9
Slovakia		0.32		1.00	0.00	0.00	0.00	8
Slovenia		0.51		0.90	0.00	0.08	0.02	8
Northern Europe		**0.64**		**0.47**	**0.24**	**0.08**	**0.20**	
Denmark	0.46	0.67	0.2	0.10	0.53	0.16	0.22	8
Finland	0.62	0.50	0.77	0.61	0.1	0.07	0.22	8
Iceland		1.00		0.86	0.06	0.01	0.06	8
Norway	0.51	0.62	0.75	0.55	0.15	0.09	0.22	8
Sweden	0.37	0.43	0.44	0.23	0.39	0.10	0.29	8
Southern Europe		**0.52**		**0.85**	**0.05**	**0.05**	**0.05**	
Cyprus		0.68		1.00	0.00	0.00	0.00	8
Greece	0.31	0.41	0.93	0.91	0.00	0.01	0.08	8
Italy	0.34	0.50	0.88	0.70	0.07	0.14	0.09	8
Malta		0.48		1.00	0.00	0.00	0.00	8
Portugal	0.33	0.47	0.86	0.69	0.19	0.05	0.07	8
Spain	0.36	0.60	0.85	0.68	0.07	0.16	0.09	8
Turkey		0.50		0.99	0.00	0.01	0.00	8
Western Europe	**0.45**	**0.56**	**0.57**	**0.47**	**0.22**	**0.15**	**0.15**	
Austria	0.34	0.58	0.4	0.30	0.10	0.37	0.23	8
Belgium	0.40	0.47	0.43	0.17	0.32	0.23	0.28	8
France	0.47	0.53	0.46	0.43	0.33	0.12	0.13	8
Germany	0.36	0.61	0.66	0.30	0.24	0.17	0.29	8
Ireland	0.31	0.60	1.0	0.89	0.00	0.01	0.11	8
Luxemburg	0.49	0.66	0.35	0.27	0.55	0.18	0.00	8
Netherlands	0.58	0.62	0.67	0.11	0.36	0.28	0.25	8
Switzerland	0.40	0.40	0.23	1.00	0.00	0.00	0.00	8
UK	0.69	0.57	0.90	0.82	0.07	0.03	0.08	8
Central, South America and Caribbean states								
Caribbean		**0.49**		**0.83**	**0.02**		**0.15**	
Bahamas		0.95		0.7			0.3	10
Cuba		0.21		0.90			0.1	11
Dominican Republic		0.25		0.90	0.06		0.04	12
St. Lucia		0.55		0.83			0.17	13
Central America		**0.21**		**0.50**			**0.50**	
Costa Rica		0.17						14, 15
Guatemala		0.22		0.40			0.60	16, 17, 18
Honduras		0.15		0.40			0.60	4
Nicaragua		0.28		0.70			0.30	4
South America								
South America		**0.26**		**0.54**	**0.01**	**0.003**	**0.46**	
Argentina		0.28		0.59			0.41	4
Bolivia		0.16		0.70			0.30	19

Tabla 0-1 continuación - Generación de residuos sólidos urbanos específicos y de gestión de datos (IPCC 2006)

TABLE 2A.1 (CONTINUED)
MSW GENERATION AND MANAGEMENT DATA - BY COUNTRY AND REGIONAL AVERAGES

Region /Country	MSW [1, 2] Generation Rate IPCC -1996 values [4] (tonnes/cap/yr)	MSW [1, 2, 3] Generation Rate Year 2000 (tonnes/cap/yr)	Fraction of MSW disposed to SWDS IPCC-1996 values [4]	Fraction of MSW disposed to SWDS	Fraction of MSW incinerated	Fraction of MSW composted	Fraction of other MSW management, unspecified [5]	Source
Brazil		0.18		0.80	0.05	0.03	0.12	20, 21
Chile				0.40			0.60	4
Colombia		0.26		0.31			0.69	22
Ecuador		0.22		0.40			0.60	23
Paraguay (Asuncion)		0.44		0.40			0.60	24
Peru		0.20		0.53			0.47	4, 25
Uruguay		0.26		0.72			0.28	26, 27
Venezuela		0.33		0.50			0.50	28
North America								
North America	**0.70**	**0.65**	**0.69**	**0.58**	**0.06**	**0.06**	**0.29**	
Canada	0.66	0.49	0.75	0.71	0.04	0.19	0.06	29, 30, 31
Mexico		0.31		0.49			0.51	32, 33
USA	0.73	1.14	0.62	0.55	0.14		0.31	34
Oceania								
Oceania	**0.47**	**0.69**	**1.00**	**0.85**			**0.15**	
Australia	0.46	0.69	1.00	1.00				4, 31
New Zealand	0.49		1.00	0.70			0.30	4

[1] Data are based on weight of wet waste.
[2] To obtain the total waste generation in the country, the per-capita values should be multiplied with the population whose waste is collected. In many countries, especially developing countries, this encompasses only urban population.
[3] The data are default data for the year 2000, although for some countries the year for which the data are applicable was not given in the reference, or data for the year 2000 were not available. The year for which the data are collected is given below with source of the data, where available.
[4] Values shown in this column are the ones included in the *1996 IPCC Guidelines*.
[5] Other, unspecified, includes data on recycling for some countries.
[6] A regional average is given for the whole of Africa as data are not available for more detailed regions within Africa.

Source	Year	
1		Urban Construction Statistics Yearbook of China – Year 2000 (2001). Ministry of Chinese Construction. Chinese Construction Industry Publication Company.
2		OECD Environment Directorate, OECD Environmental Data 2002, Waste.
		Ministry of Environment, Japan (1992-2003): Waste of Japan, http://www.env.go.jp/recycle/waste/ippan.html.
3		1) '97 National Status of Solid Waste Generation and Treatment , the Ministry of Environment, Korea, 1998.
		2) '96 National Status of Solid Waste Generation and Treatment , the Ministry of Environment, Korea, 1997.
		3) Korea Environmental Yearbook, the Ministry of Environment, Korea, 1990.
4		Doorn and Barlaz, 1995, Estimate of global methane emissions from landfills and open dumps, EPA-600/R-95-019, Office of Research & Development, Washington DC, USA.
5		Shimura et al. (2001).
6	2001	National Environmental Agency, Singapore (www.nea.gov.sg.) and www.acrr.org/resourcecities/waste_resources/europe_waste.htm.
7		Ministry of Environment and Physical Development, Higher Council for Environment and Natural Resources, Sudan (2003), Sudan's First National Communications under the United Nations Framework Convention on Climate Change.
8	2000	Eurostat (2005). Waste Generated and Treated in Europe. Data 1995-2003. European Commission - Eurostat, Luxemburg. 131p.
9		Problems of waste management in Russia: Not-for-Profit Partnership "Waste Management – Strategic Ecological Initiative" http://www.sagepub.com/journalsProdEditBoards.nav?prodId=Journal201691.

Tabla 0-1 continuación - Generación de residuos sólidos urbanos específicos y de gestión de datos (IPCC 2006)

TABLE 2A.1 (CONTINUED)
MSW GENERATION AND MANAGEMENT DATA- BY COUNTRY AND REGIONAL AVERAGES

Source	Year	
10		The Bahamas Environment, Science and Technology Commission (2001). Commonwealth of the Bahamas. First National Communication on Climate Change. Nassu, New Providence, April 2001, 121pp.
11	1990	OPS/OMS (1997). Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Cuba. Serie Análisis 1. Sectoriales No. 13, Organización Panamericana de la Salud, 206 pp., 2. López, C., et al. (2002). República de Cuba. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero (colectivo de autores). Reporte para el Año 1996/Actualización para los Años 1990 y 1994. CD-ROM Vol. 01. Instituto de Meteorología-AMA-CITMA. La Habana, 320 pp. ISBN: 959-02-0352-3.
12		Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2004). República Dominicana. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. UNEP/GEF, Santo Domingo, Marzo de 2004, 163 pp.
13	1990	Ministry of Planning, Development, Environment and Housing (2001). Saint Lucias's Initial National Communication on Climate Change, UNEP/GEF, 306 pp.
14		Lammers, P. E. M., J. F. Feenstra, A. A. Olstroorn (1998). Country/Region-Specific Emission Factors in National Greenhouse Gas Inventories. UNEP/Institute for Environmental Studies Vrije Universiteit, 112 pp.
15		Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (1995). Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases con Efecto Invernadero en Costa Rica. MRNEM, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Septiembre 1995.
16		Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2001). República de Guatemala. Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático..
17		JICA (Agencia Japonesa de Cooperación Internacional) (1991). Estudio sobre el Manejo de los Desechos Sólidos en el Area Metropolitana de la Ciudad de Guatemala. Volumen 1.
18		Guatemala de la Asunción, diciembre 2001, 127 p.,OPS/OMS (1995). Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Guatemala, Diciembre 1995, 183 pp.
19	1990	Fondo Nacional de Desarrollo (FNDR). Cantidad de RSM dispuestos en RSA-años 1996 y 1997, La Paz, Bolivia., 2. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente/Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente (1997). Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Bolivia – 1990. MDSMA/SNRNMA/SMA/PNCC/U.S. CSP, La Paz, 1997.
20		Ministry of Science and Technology, Brazil (2002). First Brazilian Inventory of Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions. Background Reports. Methane Emissions from Waste Treatment and Disposal. CETESB. 1990 and 1994, Brazília, DF, 85 pp.
21		CETESB (1992). Companhia de Tecnologia de Saneamiento Ambiental. Programa de gerenciamiento de residuos sólidos domiciliares e de services de saúde. PROLIXO, CETESB; Sao Paulo, 29 pp., IBGE: Instituto Brasileiro de Geografía e Estadística. http://www.ibge.gov.br/home/estadistica/populacao/atlassaneamiento/pdf/mappag59.pdf in November 2004.
22	1990	Ministerio de Medio Ambiente/IDEAM (1999). República de Colombia. Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero. 1990. Módulo Residuos, Santa Fe de Bogotá, DC, Marzo de 1999, 14 pp.
23		BID/OPS/OMS (1997). Diagnóstico de la Situación del Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe., Doorn and Barlaz, 1995, Estimate of global methane emissions from landfills and open dumps, EPA-600/R-95-019, Office of Research & Development, Washington DC, USA.
24	1990	MAG/SSERNMA/DOA – PNUD/UNITAR (1999). Paraguay: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero por Fuentes y Sumideros. Año 1990. Proyecto PAR GLO/95/G31. Asunción, Noviembre 1999, 90 pp.
25	1990 1994 1998	Estudios CEPIS-OPS y/o Estudio Sectorial de Residuos Sólidos del Perú. Ditesa/OPS., Lammers, P. E. M., J. F. Feenstra, A. A. Olstroorn (1998). Country/Region-Specific Emission Factors in National Greenhouse Gas Inventories. UNEP/Institute for Environmental Studies Vrije Universiteit, 112 pp.
26		Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente/Dirección Nacional de Medio Ambiente/Unidad de Cambio Climático (1998). Uruguay. Inventario Nacional de Emisiones Netas de Gases de Efecto Invernadero 1994/Estudio Comparativo de Emisiones Netas de Gases de Efecto Invernadero para 1990 y 1994. Montevideo, Noviembre de 1998, 363pp.
27		OPS/OMS (1996). Análisis Sectorial de Residuos Só,Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente/Dirección Nacional de Medio Ambiente/Unidad de Cambio Climático (2004). Uruguay. Segunda Comunicación a la CMNUCC. 330p. lidos en Uruguay. Plan Regional de Inversiones en Medio Ambiente y Salud, Marzo 1996.
28	2000	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Ministerio de Energía y Minas (1996). Venezuela. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Año 1990. GEF/UNEP/U.S CSP.
29	1992	Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) http://www.oecd.org/dataoecd/11/15/24111692.PDF

II. Población y grado de urbanización

Tabla 0-2 Población y grado de urbanización en economías de ingresos bajo, medio-baja y media-alta[5] (DSW 2007)[6]

Economy	*Code*	*Region*	Population	Urbanisation
Low income countries < 935 $			(DSW 2007)	%
Afghanistan	AFG	South Asia	31.900.000	20
Bangladesh	BGD	South Asia	149.000.000	23
Benin	BEN	Sub-Saharan Africa	9.000.000	39
Burkina Faso	BFA	Sub-Saharan Africa	14.800.000	16
Burundi	BDI	Sub-Saharan Africa	8500000	10
Cambodia	KHM	East Asia & Pacific	14.400.000	15
Central African Republic	CAF	Sub-Saharan Africa	4.300.000	38
Chad	TCD	Sub-Saharan Africa	10.800.000	21
Comoros	COM	Sub-Saharan Africa	*614.000*	-
Congo, Dem. Rep.	ZAR	Sub-Saharan Africa	3.800.000	60
Côte d'Ivoire	CIV	Sub-Saharan Africa	20.200.000	47
Eritrea	ERI	Sub-Saharan Africa	4.900.000	19
Ethiopia	ETH	Sub-Saharan Africa	77.100.000	16
Gambia, The	GMB	Sub-Saharan Africa	1.500.000	50
Ghana	GHA	Sub-Saharan Africa	23.000.000	44
Guinea	GIN	Sub-Saharan Africa	10.100.000	30
Guinea-Bissau	GNB	Sub-Saharan Africa	1.700.000	30
Haiti	HTI	Latin America & Caribbean	9.000.000	36
Kenya	KEN	Sub-Saharan Africa	36.900.000	19
Korea, Dem. Rep.	PRK	East Asia & Pacific	23.300.000	60
Kyrgyz Republic	KGZ	Europe & Central Asia	5.200.000	35
Lao PDR	LAO	East Asia & Pacific	5.900.000	21
Liberia	LBR	Sub-Saharan Africa	3.800.000	58
Madagascar	MDG	Sub-Saharan Africa	18.300.000	26
Malawi	MWI	Sub-Saharan Africa	13.100.000	17
Mali	MLI	Sub-Saharan Africa	12.300.000	31
Mauritania	MRT	Sub-Saharan Africa	3.100.000	40
Mozambique	MOZ	Sub-Saharan Africa	20.400.000	35
Myanmar	MMR	East Asia & Pacific	49.800.000	29
Nepal	NPL	South Asia	27.800.000	27
Niger	NER	Sub-Saharan Africa	14.200.000	17
Nigeria	NGA	Sub-Saharan Africa	144.400.000	44
Pakistan	PAK	South Asia	169.300.000	14
Papua New Guinea	PNG	East Asia & Pacific	6.300.000	13
Rwanda	RWA	Sub-Saharan Africa	9.300.000	17
São Tomé and Principe	STP	Sub-Saharan Africa	200.000	58
Senegal	SEN	Sub-Saharan Africa	12.400.000	41
Sierra Leone	SLE	Sub-Saharan Africa	5.300.000	36
Solomon Islands	SLB	East Asia & Pacific	500.000	17
Somalia	SOM	Sub-Saharan Africa	9.100.000	34
Tajikistan	TJK	Europe & Central Asia	7.100.000	26
Tanzania	TZA	Sub-Saharan Africa	38.700.000	23
Togo	TGO	Sub-Saharan Africa	6.600.000	40
Uganda	UGA	Sub-Saharan Africa	28.500.000	12
Uzbekistan	UZB	Europe & Central Asia	26.500.000	36
Vietnam	VNM	East Asia & Pacific	85.100.000	27
Yemen, Rep.	YEM	Middle East & North Africa	22.400.000	26
Zambia	ZMB	Sub-Saharan Africa	11.500.000	35
Zimbabwe	ZWE	Sub-Saharan Africa	13.300.000	36
Total			**1.225.214.000**	**27%**

[5] Clasificación de los grupos de ingresos según el Banco Mundial basados en el 2007 de acuerdo al Producto Interno Bruto (PIB). Los grupos son: de bajos ingresos: $ 935 o menos; ingresos medio-bajos: $ 936-3,705 y de ingresos medio-altos: $ 3,706-11,455; de ingresos altos: $ 11.456 o más

[6] El informe de 2009 puede encontrarse en la http://www.dsw-online.de/pdf/dsw_datenreport_09.pdf

Tabla 0-2 continuación - Población y grado de urbanización en economías de ingresos bajo, medio-baja y media-alta (DSW 2007)

Economy	*Code*	*Region*	**Population**	**Urbanisation**
Lower middle income economies 936 - 3705 $ (World bank criteria)			(DSW 2007)	%
Albania	ALB	Europe & Central Asia	3.200.000	45
Algeria	DZA	Middle East & North Africa	34.100.000	58
Angola	AGO	Sub-Saharan Africa	16.300.000	40
Armenia	ARM	Europe & Central Asia	3.000.000	64
Azerbaijan	AZE	Europe & Central Asia	8.600.000	52
Bhutan	BTN	South Asia	900.000	31
Bolivia	BOL	Latin America & Caribbean	9.800.000	63
Bosnia and Herzegovina	BIH	Europe & Central Asia	3.800.000	46
Cameroon	CMR	Sub-Saharan Africa	18.100.000	53
Cape Verde	CPV	Sub-Saharan Africa	500.000	56
China	CHN	East Asia & Pacific	1.318.000.000	44
Colombia	COL	Latin America & Caribbean	46.200.000	72
Congo, Rep.	COG	Sub-Saharan Africa	3.800.000	60
Djibouti	DJI	Middle East & North Africa	800.000	82
Dominican Republic	DOM	Latin America & Caribbean	9.400.000	65
Ecuador	ECU	Latin America & Caribbean	13.500.000	62
Egypt, Arab Rep.	EGY	Middle East & North Africa	73.400.000	43
El Salvador	SLV	Latin America & Caribbean	6.900.000	59
Georgia	GEO	Europe & Central Asia	4.500.000	52
Guatemala	GTM	Latin America & Caribbean	13.400.000	47
Guyana	GUY	Latin America & Caribbean	800.000	28
Honduras	HND	Latin America & Caribbean	7.100.000	48
India	IND	South Asia	1.131.900.000	28
Indonesia	IDN	East Asia & Pacific	231.600.000	42
Iran, Islamic Rep.	IRN	Middle East & North Africa	71.200.000	67
Iraq	IRQ	Middle East & North Africa	29.000.000	67
Jordan	JOR	Middle East & North Africa	5.700.000	82
Kiribati	KIR	East Asia & Pacific	100.000	47
Lesotho	LSO	Sub-Saharan Africa	1.800.000	13
Macedonia, FYR	MKD	Europe & Central Asia	2.000.000	59
Maldives	MDV	South Asia	300.000	27
Marshall Islands	MHL	East Asia & Pacific	100.000	68
Micronesia, Fed. Sts.	FSM	East Asia & Pacific	100.000	22
Moldova	MDA	Europe & Central Asia	4.000.000	45
Mongolia	MNG	East Asia & Pacific	2.600.000	79
Morocco	MAR	Middle East & North Africa	31.700.000	55
Namibia	NAM	Sub-Saharan Africa	2.100.000	33
Nicaragua	NIC	Latin America & Caribbean	5.600.000	59
Paraguay	PRY	Latin America & Caribbean	6.100.000	57
Peru	PER	Latin America & Caribbean	27.900.000	73
Philippines	PHL	East Asia & Pacific	88.700.000	48
Samoa	WSM	East Asia & Pacific	200.000	22
Sri Lanka	LKA	South Asia	20.100.000	15
Sudan	SDN	Sub-Saharan Africa	38.600.000	41
Swaziland	SWZ	Sub-Saharan Africa	1.100.000	23
Syrian Arab Republic	SYR	Middle East & North Africa	19.900.000	50
Thailand	THA	East Asia & Pacific	65.700.000	33
Timor-Leste	TMP	East Asia & Pacific	1.000.000	22
Tonga	TON	East Asia & Pacific	100.000	24
Tunisia	TUN	Middle East & North Africa	10.200.000	65
Turkmenistan	TKM	Europe & Central Asia	5.400.000	47
Ukraine	UKR	Europe & Central Asia	46.500.000	68
Vanuatu	VUT	East Asia & Pacific	200.000	21
West Bank and Gaza	WBG	Middle East & North Africa	4.000.000	72
Total			**3.451.600.000**	**41%**

Tabla 0-2 continuación - Población y grado de urbanización en economías de ingresos bajo, medio-baja y media-alta (DSW 2007)

Economy	*Code*	*Region*	**Population**	**Urbanisation**
Upper middle income economies 3706 - 11455 $ (World bank criteria)			(DSW 2007)	%
American Samoa	ASM	East Asia & Pacific	200.000	22
Argentina	ARG	Latin America & Caribbean	39.400.000	89
Belarus	BLR	Europe & Central Asia	9.700.000	73
Belize	BLZ	Latin America & Caribbean	300.000	50
Botswana	BWA	Sub-Saharan Africa	1.800.000	54
Brazil	BRA	Latin America & Caribbean	189.300.000	81
Bulgaria	BGR	Europe & Central Asia	7.700.000	71
Chile	CHL	Latin America & Caribbean	16.600.000	88
Costa Rica	CRI	Latin America & Caribbean	4.500.000	59
Croatia	HRV	Europe & Central Asia	4.400.000	56
Cuba	CUB	Latin America & Caribbean	11.200.000	76
Dominica	DMA	Latin America & Caribbean	100.000	73
Fiji	FJI	East Asia & Pacific	900.000	51
Gabon	GAB	Sub-Saharan Africa	1.300.000	84
Grenada	GRD	Latin America & Caribbean	100.000	31
Jamaica	JAM	Latin America & Caribbean	2.700.000	49
Kazakhstan	KAZ	Europe & Central Asia	15.500.000	57
Latvia	LVA	Europe & Central Asia	2.300.000	68
Lebanon	LBN	Middle East & North Africa	3.900.000	87
Libya	LBY	Middle East & North Africa	6.200.000	85
Lithuania	LTU	Europe & Central Asia	3.400.000	67
Malaysia	MYS	East Asia & Pacific	27.200.000	62
Mauritius	MUS	Sub-Saharan Africa	1.300.000	42
Mayotte	MYT	Sub-Saharan Africa	200.000	28
Mexico	MEX	Latin America & Caribbean	106.500.000	75
Montenegro	MNE	Europe & Central Asia	600.000	64
Palau	PLW	East Asia & Pacific	20.000	77
Panama	PAN	Latin America & Caribbean	3.300.000	64
Poland	POL	Europe & Central Asia	38.100.000	62
Romania	ROM	Europe & Central Asia	21.600.000	55
Russian Federation	RUS	Europe & Central Asia	141.700.000	73
Serbia	SRB	Europe & Central Asia	9.500.000	52
Seychelles	SYC	Sub-Saharan Africa	100.000	53
South Africa	ZAF	Sub-Saharan Africa	47.900.000	53
St. Kitts and Nevis	KNA	Latin America & Caribbean	50.000	32
St. Lucia	LCA	Latin America & Caribbean	200.000	28
St. Vincent and the Grenadines	VCT	Latin America & Caribbean	100.000	45
Suriname	SUR	Latin America & Caribbean	500.000	74
Turkey	TUR	Europe & Central Asia	74.000.000	66
Uruguay	URY	Latin America & Caribbean	3.300.000	93
Venezuela, RB	VEN	Latin America & Caribbean	27.500.000	88
Total			**825.170.000**	**73%**

III. Valores regionales por defecto para los datos de composición de RSU por porcentaje (IPCC 2006)

Tabla 0-3 - Valores regionales por defecto para los datos de composición de RSU por porcentaje (IPCC 2006)

TABLE 2.3
MSW COMPOSITION DATA BY PERCENT - REGIONAL DEFAULTS

Region	Food waste	Paper/cardboard	Wood	Textiles	Rubber/leather	Plastic	Metal	Glass	Other
Asia									
Eastern Asia	26.2	18.8	3.5	3.5	1.0	14.3	2.7	3.1	7.4
South-Central Asia	40.3	11.3	7.9	2.5	0.8	6.4	3.8	3.5	21.9
South-Eastern Asia	43.5	12.9	9.9	2.7	0.9	7.2	3.3	4.0	16.3
Western Asia & Middle East	41.1	18.0	9.8	2.9	0.6	6.3	1.3	2.2	5.4
Africa									
Eastern Africa	53.9	7.7	7.0	1.7	1.1	5.5	1.8	2.3	11.6
Middle Africa	43.4	16.8	6.5	2.5		4.5	3.5	2.0	1.5
Northern Africa	51.1	16.5	2	2.5		4.5	3.5	2	1.5
Southern Africa	23	25	15						
Western Africa	40.4	9.8	4.4	1.0		3.0	1.0		
Europe									
Eastern Europe	30.1	21.8	7.5	4.7	1.4	6.2	3.6	10.0	14.6
Northern Europe	23.8	30.6	10.0	2.0		13.0	7.0	8.0	
Southern Europe	36.9	17.0	10.6						
Western Europe	24.2	27.5	11.0						
Oceania									
Australia and New Zealand	36.0	30.0	24.0						
Rest of Oceania	67.5	6.0	2.5						
America									
North America	33.9	23.2	6.2	3.9	1.4	8.5	4.6	6.5	9.8
Central America	43.8	13.7	13.5	2.6	1.8	6.7	2.6	3.7	12.3
South America	44.9	17.1	4.7	2.6	0.7	10.8	2.9	3.3	13.0
Caribbean	46.9	17.0	2.4	5.1	1.9	9.9	5.0	5.7	3.5

IV. Emisiones de CO_2 específicas para cada país debido a la generación de electricidad

Tabla 0-4 Emisiones directas de CO_2 en la producción de electricidad en todo el mundo 2007

País	CO_2/kWh	País	CO_2/kWh
Afganistán	215	Liberia	2721
Albania	43	Libia	985
Argelia	1238	Liechtenstein	46
Andorra	0	Lituania	63
Angola	186	Luxemburgo	774
Antártida	0	Macedonia	932
Antigua y Barbuda	159	Madagascar	1358
Argentina	441	Malawi	10
Armenia	97	Malasia	799
Aruba	2332	Maldivas	1768
Australia	1051	Mali	432
Austria	236	Malta	1295
Azerbaiyán	528	Islas Marshall	579
Bahamas	1221	Mauritania	1046
Bahrein	509	Mauricio	1129
Bangladesh	980	Mayotte	542
Barbados	2019	México	607
Bielorrusia	733	Micronesia	445
Bélgica	376	Moldavia	166
Belice	423	Mónaco	79
Benín	1027	Mongolia	1121
Bermudas	2279	Montenegro	343
Bután	1	Marruecos	995
Bolivia	323	Mozambique	1
Bosnia-Herzegovina	478	Myanmar	576
Botsuana	2414	Namibia	37
Brasil	51	Nauru	2564
Brunei	1053	Nepal	7
Bulgaria	456	Países Bajos	714
Burkina Faso	903	Antillas Holandesas	616
Burundi	18	Nueva Caledonia	1636
Camboya	642	Nueva Zelandia	233
Camerún	56	Nicaragua	548
Canadá	218	Níger	1247
Cabo Verde	1478	Nigeria	358
Islas Caimán	928	Corea del Norte	372
República Centroafricana	118	Noruega	1
Chad	2012	Omán	850
Chile	466	Pakistán	418

China	1009	Palaos	600
Colombia	155	Palestina	347
Comoras	652	Panamá	187
Congo	2	Papúa Nueva Guinea	588
República del Congo	105	Paraguay	13
Costa Rica	7	Perú	174
Costa de Marfil	683	Filipinas	557
Croacia	388	Polonia	678
Cuba 1298	1298	Portugal	626
Chipre	1683	Qatar	848
República Checa	617	Rumania	337
Dinamarca	382	Rusia	606
Yibuti	1779	Ruanda	0
Dominica	531	Samoa	446
República Dominicana	758	Santo Tome y Príncipe	426
Timor Oriental	664	Arabia Saudita	851
Ecuador	295	Senegal	1310
Egipto	878	Serbia	751
El Salvador	244	Seychelles	768
Guinea Ecuatorial	613	Sierra Leona	1759
Eritrea	500	Singapur	540
Eslovaquia	362	Estonia	569
Etiopía	23	Eslovenia	387
Islas Feroe	702	Islas Salomón	1886
Fiyi	105	Somalia	1722
Finlandia	316	Sudáfrica	819
Francia	74	Corea del Sur	561
Polinesia francesa	1143	España	566
Gabón	332	Sri Lanka	440
Gambia	2688	Saint Kitts y Nevis	2721
Georgia	76	Santa Lucia	2721
Alemania	517	San Vicente	821
Ghana	46	Sudan	562
Grecia	1020	Surinam	66
Granada	2700	Suazilandia	23
Guatemala	434	Suecia	19
Guinea	385	Suiza	5
Guinea-Bissau	2208	Siria	964
Guyana	1765	Taiwán (China)	601
Haití	503	Tayikistán	14
Honduras	594	Tanzania	54
Hungría	443	Tailandia	786
Islandia	1	Togo	200
India	886	Tonga	2689
Indonesia	746	Trinidad y Tobago	1468
Irán	791	Túnez	1201

Irak	1316	Turquía	746
Irlanda	1099	Turkmenistán	2043
Isla de Man	446	Tuvalu	717
Israel	1073	Uganda	17
Italia	668	Ucrania	276
Jamaica	1893	Emiratos Árabes Unidos	502
Japón	356	Reino Unido	531
Jordania	1631	Estados Unidos	637
Kazajstán	523	Uruguay	68
Kenia	118	Uzbekistán	717
Kiribati	2620	Vanuatu	1933
Kuwait	581	Venezuela	139
Kirguistán	30	Vietnam	556
Laos	13	Yemen	2573
Letonia	164	Zambia	4
Líbano	782	Zimbabue	441
Lesoto	2		

Fuente: EIA Administración de Información de Energía: las estadísticas oficiales de energía del gobierno de EE.UU.
La generación de electricidad total mundial de 2005, y las emisiones de CO_2 de las centrales eléctricas en todo el mundo utilizando datos de Carma (www.carma.org)

V. "Reciclaje" - descripción de los procesos de tratamiento

Las emisiones de GEI para las fracciones de los residuos reciclados se calculan con base a la masa de residuos reciclados y un factor de emisión de GEI. Los factores de emisión de GEI utilizados se muestran en la Tabla 0-5. Estos factores de emisión de GEI proceden de un estudio a nivel europeo (Prognos / IFEU / INFU 2008). Los procesos de tratamiento correspondientes, por lo tanto, se refieren al nivel europeo. Éstos se describen a continuación.

Tabla 0-5 factores de emisión de GEI para el reciclaje

kg $CO_{2\text{-}eq}$/t de residuos	Residuos orgánicos		Papel	Vidrio	Metales (acero)	Aluminio	Plástico	Textiles
	Digestión	Compos-taje	Destin-tado	Derretido				
Emisiones	57	87	180	20	22	700	1023	32
Emisiones evitadas	159	95	1000	500	2047	11800	1437	2850
Resultado neto	-120	-8	-820	-480	-2025	-11100	-414	-2818

Fuente: (Prognos, IFEU, INFU 2008), estimación de metales (acero) por IFEU

Compostaje de residuos orgánicos

Para el compostaje de residuos orgánicos se suponen una razón de 50% plantas de compostaje abiertas y 50% encapsuladas. La demanda de electricidad promedio de estas últimas se calcula como 30 kWh/t de residuos orgánicos. El compostaje abierto se maneja con máquinas con motor diesel y la demanda de diesel se ha calculado como 1,5 l/t de residuos orgánicos. Aproximadamente un tercio de las emisiones de GEI de compostaje se deben a las emisiones de CO_2 por electricidad y demanda de diesel, el resto se debe a emisiones de metano y óxido nitroso (N_2O) del proceso de compostaje y derivadas de la utilización agrícola del compost.

Los productos se consideraron ser un tercio del abono inmaduro, que se utiliza principalmente en aplicaciones agrícolas. Para el abono maduro se estimó que el 20% se utiliza en la agricultura, y alrededor del 40% para fines de jardinería en aplicaciones profesionales y de ocio o como sustrato. El resto se convierte en un material de base para los propósitos de recultivación. Los patrones de aplicación determinan la materia prima sustituida. La aplicación agrícola sustituye el uso de fertilizantes minerales, dependiendo del contenido de nutrientes en el compost. Si el abono se utiliza como sustrato o como suministro de humus, la turba y/o el humus de corteza son sustituidos, según el contenido de materia orgánica en el compost. Cuando el abono se utiliza para recultivación ningún material principal es sustituido, porque por lo general sólo se utiliza material de desecho para estos fines.

Digestión de residuos orgánicos

En lugar de llevar los residuos orgánicos al compostaje, el material también puede ser introducido en una planta de digestión anaerobia. El producto de la digestión es biogás (energía). Se supone que el digestato se deshidrata y que una ración de 50% se aplica directamente y el otro 50% se usa después de un compostaje adicional. La demanda de energía se cubre mediante el biogás producido. Con una tasa de producción de gas de 100 m³ por tonelada de residuos orgánicos y un contenido de metano del 62%, el biogás puede ser utilizado en una producción combinada de calor y electricidad. Las plantas modernas de este tipo tienen una eficiencia energética para producir electricidad del 37.5% y para producir calor del 43%.

La demanda de electricidad de la planta es entonces sustraída y el resto de la electricidad se suministra a la red. En la calculadora MRS-GEI sólo es acreditada electricidad neta producida. La producción de calor es despreciada, porque generalmente es difícil encontrar un cliente externo. Las principales emisiones de GEI son las emisiones de metano en el proceso de la digestión y las emisiones de óxido nitroso procedentes de la aplicación en agricultura.

La aplicación del abono de la digestión maduro es similar a la aplicación de abono maduro de compostaje y los beneficios se calcularon de la misma manera. La electricidad sustituida es comparada con la generación de electricidad indicada por el usuario (mezcla de electricidad específica de un país).

Papel, cartón

El factor de emisión de GEI para reciclaje de papel y cartón, incluye la clasificación y la producción de pasta de papel destintado. Se restaron de la planta existente una pérdida global del 1% durante el proceso de clasificación y el 5.3% de los residuos y lodo en la pasta de papel destintado. Estos residuos son incinerados en plantas “waste-to-energy” (WtE) de residuos sólidos urbanos y co-incinerados en una planta de energía industrial.

Se supuso una producción primaria para tener en cuenta la producción de pasta equivalente. Se asumió que la fibra primaria consta de 50% de pulpa termo-mecánica (por ejemplo, para los periódicos) de la producción europea y de 50% de pulpa Kraft (pasta al sulfato) de la producción de los países nórdicos. Los beneficios de la generación de energía de la incineración de los residuos están incluidos.

Plásticos

El factor de emisión de GEI de los plásticos representa una mezcla de 80% de las poliolefinas (PO), el 10% de PET, el 5% PS y el 5% de PVC, asumidos como típicos. En general, el factor de emisión de GEI incluye la clasificación y el tratamiento de las hojuelas secundarias

<u>Poliolefinas (PO)</u>

Las Poliolefinas son una mezcla de PE y PP. La demanda de electricidad de la planta de clasificación y tratamiento se calculó a partir de plantas típicas existentes (IFEU /

HTP 2001). Alrededor del 20% de la clasificación y tratamiento de residuos se asumió que va a las plantas de incineración de residuos sólidos urbanos (IRSU) con recuperación de energía. Se supuso una mezcla compuesta de 50% de PP, 25% de PE de alta densidad (HDPE) y 25% de PE de baja densidad (LDPE) para la producción primaria sustituida. Los datos de la producción primaria fueron sacados de “Plastics Europe”. Debido a que los granulados secundarios tienen un menor rendimiento de materia prima, se estableció una equivalencia funcional utilizando un factor de sustitución de 0.7. Los beneficios de la generación de energía de la incineración de residuos resultantes de la clasificación y del tratamiento están incluidos.

Tereftalato de polietileno (PET)

La demanda de electricidad de la planta de clasificación y tratamiento se ha calculado utilizando datos no publicados proporcionados a IFEU por plantas existentes. Alrededor del 30% de residuos de clasificación fue asumido como pérdidas durante la clasificación y la producción, las cuales van a las plantas de IRSU con recuperación de energía. Los datos para la producción del PET primario substituido fueron tomados de “Plastics Europe”. Debido a que el PET reciclado es de alta calidad, se aplica aquí un factor de sustitución de 1. Los beneficios de la generación de energía de la incineración de los residuos están incluidos.

Poliestireno (PS)

La demanda de electricidad de la planta de clasificación y tratamiento se ha calculado utilizando datos no publicados proporcionados a IFEU por plantas existentes. Alrededor del 20% de residuos de clasificación fue asumido como pérdidas durante la clasificación y la producción, las cuales van a las plantas de IRSU con recuperación de energía. Los datos para la producción del PS primario substituido fueron tomados de “Plastics Europe”. Debido a que el PS secundario es de alta calidad, se aplica aquí un factor de sustitución de 0.9. Los beneficios de la generación de energía de la incineración de la clasificación y tratamiento de residuos están incluidos.

El cloruro de polivinilo (PVC)

La demanda de electricidad de la planta de clasificación y tratamiento fue calculada. Alrededor del 20% de residuos de clasificación fue asumido como pérdidas durante la clasificación y la producción, las cuales van a las plantas de IRSU con recuperación de energía. Los datos para la producción del PVC primario substituido se tomaron de los cálculos de “Plastics Europe”. IFEU preparo una actualización de datos para el Consejo Europeo de Fabricantes de Vinilo (European Council of Vinyl Manufacturers) y “Plastics Europe”, que está incluido. La producción primaria de PVC en suspensión fue elegida como referencia. Un factor de sustitución de 0.9 se estimó y aplico aquí. Los beneficios de la generación de energía de la incineración de residuos provenientes de la clasificación y del tratamiento están incluidos.

Vidrio

El cálculo para vidrio y sus límites del sistema es diferente a los otros materiales. Esto se debe al hecho de que las fábricas de vidrio normalmente operan con una mezcla de materia prima y el vidrio de la corriente de residuos. Como los conjuntos de datos sólo

existen para diferentes cuotas de entrada de residuos de vidrio, se ha desarrollado un modelo específico para la producción de vidrio. Se considera un paso adicional de selección para eliminar las tapas y las etiquetas, por lo cual fue ignorado el destino del 3% de los residuos. Los residuos de vidrio se introducen luego en los dispositivos de fundición. El esfuerzo ahorrado debido al uso de vidrio secundario fue calculado a partir de datos existentes de fábricas de vidrio. Esta es una relación no lineal y es válida para un rango entre 50% y 90% de vidrio secundario (el 100% de entrada de vidrio secundario no es técnicamente viable). El factor de emisión de GEI se ha calculado con una cuota del 75%.

Acero

Es difícil distinguir entre la producción primaria y la producción secundaria de acero utilizando la información publicada por la industria siderúrgica. Los únicos datos disponibles (European LCA Data Platform, ELCD[7]) hacen una distinción entre las dos tecnologías, pero ya incluyen los créditos por reciclaje. Desafortunadamente, no hay información disponible de la industria siderúrgica para diferenciar estas cifras. En (Prognos/IFEU/INFA 2008) fueron utilizadas las cifras oficiales de la producción mundial de acero de la página de la red ELCD ("steel rebar GLO"), incluyendo acero primario y secundario. Sin embargo, esta figura aplica a ambos aceros, tanto primario como secundario. La calculadora MRS-GEI eligió un enfoque diferente. Se asume que la producción de acero es la misma independientemente de si se introduce arrabio o chatarra en el horno. Por lo tanto, el reciclaje de metales ferrosos substituye la en la producción el uso de arrabio, lo cual se calcula con base a datos proporcionados en Umberto[8].

Aluminio

El aluminio secundario se produce por instalaciones de fundición separadas. Los datos utilizados se han tomado de publicaciones de la industria europea del aluminio. Los datos de aluminio primario de la industria europea son del 2002 y, en contraste con la industria del acero, no incluyen los créditos por reciclaje. En la base de datos de la European LCA Data Platform (ELCD) se asume una tasa de reciclado del 88%.

Textiles

Varios obstáculos hacen difícil la generación de cifras de reciclado de materiales o la reutilización de textiles. No hay descripciones de los procesos de producción para los productos textiles secundarios, ni detalles investigables sobre los productos textiles que se exportan desde la UE con fines de reutilización. Además, es difícil determinar qué materia prima habría sido sustituida por el reciclado de materiales o la reutilización, ya que el tipo de fibras textiles (algodón o sintético) y su distribución son desconocidas. En (Prognos/IFEU/INFA 2008) se supuso que los textiles se exportan y reutilizan en países no pertenecientes a la UE. Por lo tanto, las emisiones de reciclaje de textiles, corresponden aproximadamente a las emisiones del transporte. Además, se asumió que los textiles reutilizados consisten de un tercio de fibra de algodón y dos tercios de fibras

[7] http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm
[8] Umberto versión 5.5 (herramienta de evaluación de ciclo de vida); Fuentes principales: Ecoinvent, Rentz et al.

sintéticas de poliéster. El tiempo de vida de los textiles reutilizados se supuso que era la mitad de los textiles primarios, y se aplicó un factor de sustitución de 0.5 para la sustitución de productos primarios.

VI. "Disposición" - descripción del tratamiento de residuos y disposición de procesos

Residuos dispersos no quemados

Los residuos dispersos son los residuos arrojados al azar en el paisaje. Se descomponen en condiciones aeróbicas. De esta manera no se producen emisiones de metano por degradación de residuos. Aunque este método es favorable en términos de cambio climático, esta práctica debe evitarse a toda costa, ya que representa enormes riesgos para la salud de la población y daños al medio ambiente.

Quema de residuos dispersos

En algunos casos aislados se queman residuos a cielo abierto. Esto también puede tener lugar directamente en los hogares. La combustión incontrolada de los residuos es sumamente peligrosa para la salud debido a las emisiones de sustancias tóxicas. Estas sustancias no tienen ninguna influencia sobre el cambio climático. Sin embargo, el cambio climático se ve afectado, porque el carbono fósil en los residuos se oxida a CO_2. En la calculadora MRS-GEI la quema abierta se calcula como la oxidación completa del carbono fósil contenida en los residuos. Teniendo en cuenta la incertidumbre de las cantidades que se queman a cielo abierto y porque los restos quemados de manera incompleta se descompone con el tiempo esto es una simplificación insignificante.

Tiraderos / sitios de disposición no administrados

Los tiraderos son vertederos o sitios de disposición incontrolados y/o no administrados. En contraste con la dispersión, los residuos no son eliminados en un área amplia, sino en un lugar de profundidad de disposición de aproximadamente más de cinco metros. En estas condiciones los residuos principalmente se descomponen anaeróbicamente. Lo mismo se aplica a los sitios de disposición de los residuos que se depositan en el agua como un estanque, río o humedal. El metano se genera en condiciones anaeróbicas. Las emisiones de metano derivadas de los tiraderos se calculan en la calculadora MRS-GEI igual que las emisiones de metano de "relleno controlado/relleno sanitario sin recolección de gas". Esto puede sobrestimar ligeramente las emisiones de metano; de acuerdo con (IPCC 2006) los sitios de disposición no administrados producen menos metano que los sitios de disposición anaerobia, porque una mayor fracción de residuos se descompone aeróbicamente en la capa superior de los tiraderos no administrados. En (IPCC 2006) esto se toma en cuenta usando factores de corrección para el metano en sitios de disposición profundos no administrados, sitios de disposición de poca profundidad no administrados y rellenos semi-aeróbicos administrados. La simplificación en la calculadora MRS-GEI parece razonable, porque en general no existen datos fiables sobre el tipo de vertedero silvestre, y mucho menos la cantidad total de residuos que se dispersa o son depositados profundamente.

Relleno controlado/relleno sanitario sin recolección de gas

De acuerdo con (IPCC 2006) los vertederos controlados deben utilizar la colocación controlada de los residuos. Por ejemplo, los residuos deben ser dirigidos a áreas específicas, debe haber cierto grado de control sobre los recolectores informales de basura, y debe ejercerse control sobre fuego e incendios. Además, los lugares de disposición controlados deben incluir al menos cubrimiento, compactación mecánica o nivelación de los residuos. Aquí se diferencian los rellenos controlados sin y con recolección de gases, porque este es un factor relevante para las emisiones de GEI.

En general, la calculadora MRS-GEI calcula la disposición de residuos siguiendo las directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de GEI (1996, 2006). La calculadora MRS-GEI utiliza la metodología de rendimiento teórico de gas para comparar las distintas opciones de manejo de residuos. Esta metodología es el método más sencillo para el cálculo de las emisiones de metano procedentes de la disposición de residuos. Se asume que todo el metano potencial es liberado de los residuos en el año en que los residuos son llevados al relleno. Aunque, esto no es lo que realmente ocurre, es necesario comparar las distintas opciones de manejo de residuos, porque sólo así se toman en cuenta todas las emisiones futuras de una tonelada de residuos y permiten una comparación correcta.

Relleno sanitario con recolección de gas

Como se mencionó anteriormente, las emisiones de metano procedentes de la disposición de residuos se calculan de forma sistemática para todos los tipos de rellenos. En general, esto representa el potencial de generación de metano, si se recolecta el gas de relleno sanitario. Estas emisiones potenciales de metano se reducen en función de la eficiencia de la recolección de gas y del tipo de tratamiento de los gases. Por otra parte, los rellenos sanitarios por lo general cubren finalmente los residuos con material metano-oxidante. Esto es considerado en la calculadora MRS-GEI usando el factor de oxidación de 10% para los rellenos administrados y cubiertos, de acuerdo a (IPCC 2006).

Para definir la eficiencia de la recolección de gases se le pedirá que introduzca un porcentaje respectivo a la calculadora MRS-GEI. La eficiencia de recolección de gas en este contexto se entiende por el porcentaje de metano potencialmente generado por una determinada cantidad de residuos y que puede ser capturado, o en otras palabras, la proporción de gas de relleno recogido en relación con el total de gas generado en el relleno. Los valores por defecto que se recomiendan en la calculadora MRS-GEI son entre 10% y 50%.

Algunos proyectos de recuperación de gas reportan mediciones de eficiencia entre 9 y más de 90% (IPCC 2006). Estas mediciones reflejan, sin embargo, una situación momentánea. Durante la vida útil de un relleno se supone que sólo el 50% de todo el metano potencialmente generado puede ser capturado, incluso utilizando técnicas avanzadas de recolección de gas. Por ejemplo, en Alemania, donde la prohibición de los rellenos de residuos sólidos urbanos entró en vigor en 2005, y donde todos los rellenos sanitarios incluyen un sistema de recolección de gases, la tasa de eficiencia del gas reportó ser del 60% en el 2007. Esto significa que, aunque no fueron depositados

más RSU a partir de 2005 y que todos los rellenos están cerrados y cubiertos, por razones técnicas sólo el 60% del metano generado fue capturado en el 2007.

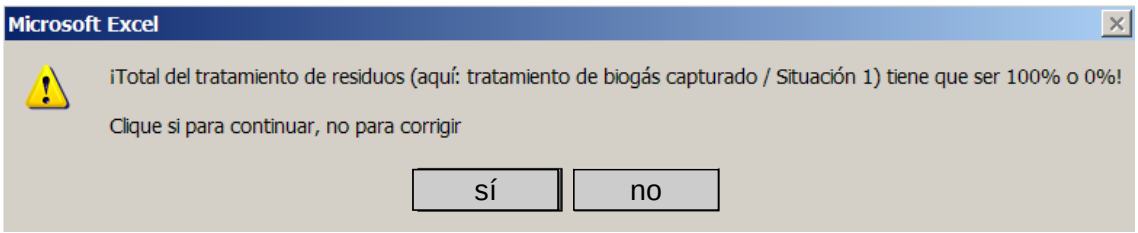
El promedio de eficiencia neta de recolección de gas depende del tiempo. En las primeras etapas del vertido de los residuos, éstos generalmente no cubren. Por lo tanto, sólo una pequeña cantidad del metano que se genera puede ser capturado en esta fase. Más tarde, cuando el rellenos está cubierto, más del metano generado puede ser capturado, pero todavía no se ha conseguido recolectar el 100% debido a limitaciones técnicas.

Ejemplo:

1 tonelada de residuos produce 200 m³ de gas en un período de 50 años. Se supone que el 60% de los gases de relleno se generan durante los primeros 10 años, cuando el vertedero está activo y no cubierto. En este período se supone que el 30% del gas de rellenos sanitarios generado puede ser capturado. Después de 10 años, el relleno es cubierto y puede ser capturado más gas en los restantes 40 años. La eficiencia se estima en 80%. El resultado neto promedio de eficiencia es entonces: 200 * (0.6 * 0.3 + 0.4 * 0.8) / 200 = 0.5.

Además de la eficiencia de la recolección de gas, en la calculadora MRS-GEI se pide que especifique lo que ocurre con el gas recolectado. Por ejemplo, el gas puede permanecer sin tratamiento y ser ventilado usando una chimenea simple para impedir la auto-incineración del cuerpo de residuos. Las emisiones de metano no se reducen en este modelo. Alternativamente, el gas puede ser quemado. En este modelo el metano se oxida a CO_2, el cual es el climáticamente neutro, dado que se trata de carbono regenerativo. Por último, el gas recogido se puede utilizar para la generación de electricidad. En la calculadora MRS-GEI se considera una generación combinada de calor y electricidad con una eficiencia eléctrica neta del 30%. El calor producido no es tomado en cuenta porque en general es difícil encontrar un cliente externo que lo compre. La electricidad reemplazada es acreditada con las emisiones de GEI de la generación de electricidad, tal como lo indique por el usuario (mezcla de electricidad específica de cada país).

El total de los porcentajes introducidos para el tratamiento de los gases de relleno recolectados debe ser igual a 100%. Si usted olvida llenar las celdas verdes respectivas correctamente, se le recordará con una advertencia de Excel para comprobar la suma cuando se trate de mover a una hoja de cálculo diferente.



BS + relleno / vertedero

BS + relleno se define como la estabilización biológica simple (BS) de residuos sólidos urbanos y la disposición de los residuos con menos emisiones de metano que sin estabilización. La estabilización biológica se lleva a cabo mediante la creación de pilas de compost usando los RSU y aireándolas de acuerdo con el principio de chimenea. No se lleva a cabo ningún pretratamiento mecánico o, en algunos casos, sólo un pretratamiento simple (por ejemplo, homogeneización, fragmentación, modulación del contenido de agua). La estabilización biológica toma un tiempo de al menos 8 semanas. Los productos son biológicamente menos activos y al eliminarlos producen menos emisiones de metano. La demanda de energía mecánica para el tratamiento biológico y para la disposición de los productos se estima en aprox. 9 kWh/t de residuos, siguiendo la demanda de energía para el compostaje simple. La demanda de electricidad se estima en 2 kWh/t de residuos y es la misma que para el relleno sanitario.

MBT + tratamiento adicional + relleno

MBT + tratamiento adicional + relleno es un concepto de tecnología avanzada de tratamiento de RSU. En una planta de tratamiento mecánico-biológico (MBT), los RSU son inicialmente tratados mecánicamente para separar los metales, las impurezas y una fracción de residuos con un alto valor calorífico. Este último se utiliza como combustible derivado de residuos (CDR) para la co-incineración. La fracción restante de residuos consisten de un porcentaje elevado de residuos orgánicos. Ésta se estabiliza biológicamente mediante compostaje encapsulado. El aire de escape de compostaje es recolectado y tratado por oxidación térmica. El concepto es típico de Alemania, donde tanto el MBT como la incineración de RSU (IRSU) deben cumplir con los mismos valores límites de carbono orgánico total, metano y óxido nitroso.

El producto de la estabilización biológica se elimina en rellenos de MBT. El material es mucho más denso y casi no tiene actividad biológica restante. Por lo tanto, se necesita mucho menos espacio para la disposición y las emisiones de metano se minimizan.

El objetivo de este tratamiento es separar los materiales reciclables de los RSU y producir un material biológicamente inactivo que se pueda depositar con insignificante impacto negativo en términos de cambio climático. La demanda de electricidad de la planta de MBT se calcula en 38 kWh/t de residuos, la demanda de calor en 8 kWh/t, y la demanda de gas natural para la oxidación térmica del aire de escape en 5 m^3/t de RSU. Las fracciones separadas por la planta de MBT se muestran en la Figura 0-1. Los valores de la demanda de energía y del balance de masa representan la situación media en Alemania (Öko-Institut/IFEU 2009).

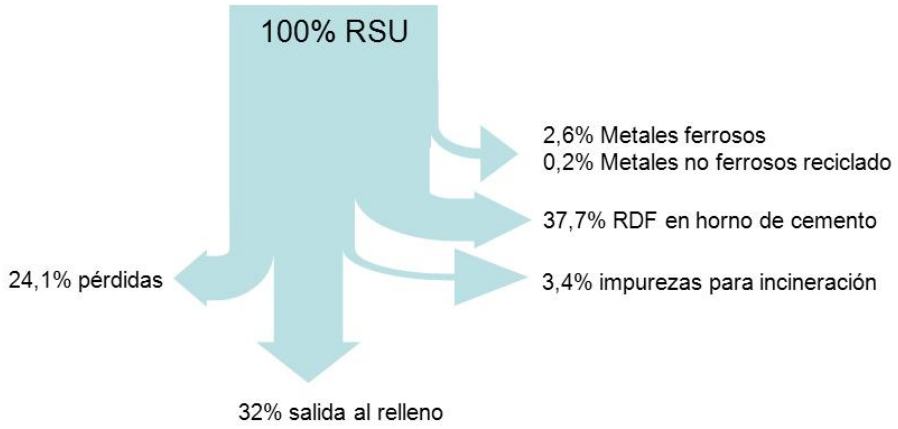


Figura 0-1 Diagrama de flujo de masa de una planta promedio de MBT en Alemania

Se han elegido los valores para Alemania porque en la actualidad este concepto de tratamiento de RSU es casi únicamente implementado en ese país. El balance de masa, por lo tanto, sólo aplica en Alemania. En otros países, la composición de los residuos que queden pueden ser diferentes y por lo tanto las posibles tasas de extracción de metales y CDR también pueden ser diferentes. Un enfoque más preciso sería tener en cuenta la composición y las tasas de reciclado, tal el usuario las define en la calculadora MRS-GEI. Además, son necesarias las tasas de recuperación de conceptos de tratamiento concretos (por ejemplo información de los proveedores, afirmando que se pueden separar de la fracción residual un x% de los metales y/o un y% de la fracción de alto poder calorífico, mediante un tratamiento mecánico especificado).

A largo plazo se asume que el concepto de MBT también puede ser aplicado a escala global. En este caso, los valores alemanes deben ser sustituidos por los valores que sean válidos de forma más general. Así pues, está previsto ajustar la calculadora MRS-GEI en el futuro, de tal manera que se tengan en cuenta las composiciones definida y calculada la composición de la fracción residual y que se utilicen las garantías del proveedor en particular para calcular las tasas de recuperación.

En la calculadora MRS-GEI se asume que la fracción CDR es co-incinerada en un horno de cemento. El CDR se especifica con un valor calorífico de 13.3 MJ/kg de residuos y un contenido de carbono fósil de aproximadamente 19%. Así, la co-incineración produce emisiones fósiles de CO_2 correspondientes al contenido de carbono fósil si se asume una incineración completa. El beneficio de la co-incineración es la sustitución de combustibles fósiles con una mezcla típica de entrada en Alemania de 29.4% de hulla o carbón mineral, 53.1% de lignito, 11.8% de coque, el 4.4% de fueloil pesado, y 1.3% de otros componentes (VDZ 2008).

Se asume que las impurezas son tratadas en una planta de IRSU. Éstas se definen como los RSU típicos en Alemania, con un valor calorífico de 9.2 MJ/kg y un contenido de carbono fósil de aproximadamente 9%. Así, la incineración produce emisiones fósiles de CO_2 correspondiente al contenido de carbono fósil si se asume una incineración completa. En Alemania, la mayoría de las plantas IRSU producen energía a partir de la incineración de residuos. En promedio, la eficiencia eléctrica neta es del 10%, y la eficiencia térmica del 30%. Las emisiones evitadas de la electricidad convencional y de

la generación de calor son consideradas en la calculadora MRS-GEI. Para la generación de electricidad, éstas son las emisiones de CO_2 según lo definido por el usuario (mezcla de electricidad específica para el país), mientras se utiliza un valor promedio para el calor (50% de aceite, 50% gas natural).

MBS / MPS + co-procesamiento en hornos de cemento

La estabilización mecánico-biológica (MBS) y/o estabilización físico-mecánica (MPS) + co-procesamiento en hornos de cemento es un concepto de tecnología avanzada de tratamiento de RSU similar al MBT. Como en el MBT, los RSU son inicialmente tratados mecánicamente para separar los metales y las impurezas. Pero a diferencia del MBT, la fracción restante completa se estabiliza biológica o físicamente para producir CDR. Así no se genera ningún producto que vaya a ser depositado en el relleno. Sin embargo, las plantas MBS / MPS también representan la situación de Alemania. Por lo tanto, también deben cumplir con los valores límites de ese país, y el aire de escape de la estabilización es recolectado y tratado por oxidación térmica.

El objetivo de esta opción de tratamiento es producir CDR y separar los metales. La demanda de electricidad de la planta MBS / MPS se calcula en 39 kWh/t de residuos, la demanda de calor en 6 kWh/t, y la demanda de gas natural en 42 m^3/t de DSM. En este caso, el gas natural no sólo se utiliza para la oxidación térmica del aire de escape, sino también para proporcionar la energía calorífica para el proceso de estabilización. Las fracciones separadas por la planta MBS / MPS se muestran en la Figura 0-2. Los valores de la demanda de energía y del balance de masa representan la situación media en Alemania (Öko-Institut/IFEU 2009).

Las MBS y MPS son dos enfoques diferentes para la estabilización de la fracción restante después del tratamiento mecánico, que de otra manera sería biológicamente activa. En ambos casos, la estabilización se logra principalmente mediante el secado del material de desecho a menos de aproximadamente 15% de contenido de agua. Con un contenido de agua tan bajo como este, la actividad biológica de los residuos orgánicos es frenada. En el caso de la estabilización biológica, la fracción biológica es introducida en un reactor en el que empieza a descomponerse y es sistemáticamente aireada. La estabilización física sucede a través del secado de la fracción biológica usando calor.

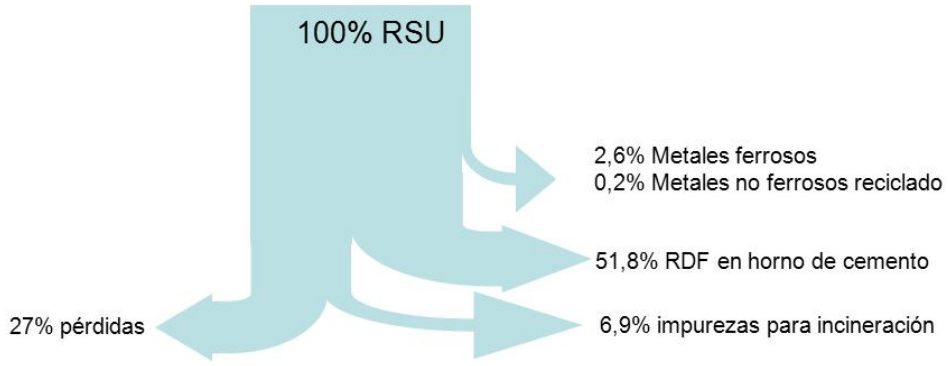


Figura 0-2 Diagrama de flujo de masa de una planta promedio MBS / MPS en Alemania

La co-incineración de CDR en un horno de cemento y la incineración de impurezas en una planta de IRSU se calculan de la misma manera que para el MBT (véase más arriba), porque corresponde con la situación media en Alemania. Los beneficios procedentes de la co-incineración de CDR y la incineración de las impurezas también se calculan como se describe para el caso del MBT.

Incineración

Existen diferentes tecnologías de plantas de IRSU. Los modelos más comunes son de combustión de parrilla y de combustión en lecho fluidizado, siendo la primera la más dominante en Alemania. En términos de preocupaciones ambientales, el aspecto más importante de las tecnologías de IRSU es el tipo de tratamiento de gases de combustión. En general, las plantas IRSU deben estar en conformidad con los estándares de emisión alemana y/o de la UE 27, por ejemplo. Por lo tanto en estos países las emisiones no representan un peligro para la salud.

Además, los residuos deben ser cuidadosamente examinados para determinar si es adecuado incinerarlos. Los aspectos más importantes en términos de características y la calidad de los residuos se explican en la sección 5.4. Como regla empírica se puede asumir que la incineración auto-sostenible usualmente requiere de un valor calorífico de aproximadamente 6 MJ/kg de residuos. Además de los datos de combustibilidad de los residuos, la información sobre el nivel de metales pesados también es importante, porque esto tiene una influencia considerable sobre los requisitos para la depuración de gases y los costos de la incineración. La determinación de estos parámetros requiere de estudios a fondo de la composición de los residuos, así como de análisis físicos y químicos.

Las principales emisiones relevantes en términos de cambio climático son las emisiones fósiles de CO_2 resultantes de la incineración de carbono fósil contenidas en los residuos. Como una simplificación conservadora en la calculadora MRS-GEI, la combustión completa se asume para las plantas tecnológicamente avanzadas IRSU. El destino de las cenizas y escorias de la salida de productos no se considera en la herramienta.

Las plantas modernas de IRSU suelen producir energía. En un paso más en la calculadora MRS-GEI se le pedirá que introduzca la eficiencia energética neta. Si las plantas IRSU tienen una turbina de vapor, entonces, producen electricidad y en algunos casos calor. Si sólo se produce electricidad, la máxima eficiencia eléctrica es de aproximadamente 20% por razones termodinámicas. Si también se produce calor, la eficiencia eléctrica es menor. El grado de producción de calor depende de si es posible vender el calor. En promedio, las plantas IRSU en Alemania tienen una eficiencia eléctrica neta de 10% y un rendimiento térmico de 30% (Öko-Institut, 2002). Estos valores son también aplicables a nivel europeo (CEWEP 2006).

Los valores por defecto dados en la calculadora MRS-GEI de la eficiencia eléctrica neta y la eficiencia térmica son de 15% y 0%, respectivamente. Estos valores fueron elegidos porque se supone que es casi imposible encontrar a un cliente para el calor en los países en desarrollo y que por lo tanto sólo se produce electricidad.

Las emisiones evitadas por la sustitución de electricidad y la producción de calor son consideradas en la calculadora MRS-GEI. Para la generación de electricidad, estas son las emisiones de CO_2 según lo definido por el usuario (mezcla de electricidad específica para un país); fue utilizado un valor promedio para el calor (50% de aceite, 50% gas natural).