

**PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL CICLO DE VIDA DE
LOS VERTEDEROS DE RELLENO SANITARIO
PROCEDURE FOR THE ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE CYCLE OF
LIFE OF THE SANITARY FILLERS DUMPS**

Ing. Lidia Esther Batista Vázquez¹

Dr.C. MaríaOneliaUrbina Reynaldo²

¹Universidad de Holguín, Profesora Instructora, Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. lbatistav@uho.edu.cu.

²Universidad de Holguín, Profesora Titular, Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba, maria_urbino@uho.edu.cu.

RESUMEN

Los rellenos sanitarios constituyen actualmente una alternativa económica y tecnológicamente viable para la gestión de residuos. Sin embargo, la mayoría de los calificados como tal no cumplen las especificaciones técnicas requeridas. Esto ha generado un sinnúmero de impactos medioambientales, motivos de preocupación para la comunidad internacional. Como una herramienta de protección que responde a tal problemática surge la evaluación ambiental a finales de los años 60. Es asumida como instrumento y metodología para la ejecución de los estudios ambientales, acorde a la utilización de una escala de parámetros o indicadores, que no se incorporan a los vertederos. Es por ello que se debe diseñar un procedimiento para la evaluación ambiental del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario que favorezca su operación y mantenimiento para minimizar las afectaciones a los sistemas natural y socioeconómico. La propuesta consiste en la integración del procedimiento establecido en el ACV de la ISO 14040 con las etapas del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario, así como la incorporación de indicadores de comportamiento y de situación medioambiental que serán tomados del Decreto Alemán y de la NC 135: 2002. A partir de la aplicación de un conjunto de métodos de investigación del nivel teórico, empírico y estadístico se demostraron los impactos favorables en el medio ambiente y la pertinencia de la investigación.

Palabras clave: evaluación ambiental, indicadores ambientales

ABSTRACT

At the moment, the sanitary fillers dumps constitute an economic and technologically viable alternative for the administration of residuals. However, most of the qualified as such don't complete the required technical specifications. This has generated a without number of environmental impacts, reasons of concern of the international community. As a protection tool that responds to that problem arises the environmental evaluation at the end of the 60 years. It is assumed as instrument and methodology for the execution of the environmental studies, chord to the use of a scale of parameters or indicators that don't be incorporated to the sanitary fillers dumps. It is for it that a procedure should be designed for the environmental evaluation of the cycle of life of the sanitary fillers dumps that favors their operation and maintenance to minimize the affectations to the natural and socioeconomic systems. The proposal consists on the integration of the procedure settled down in the ACV of the ISO 14040 with the stages of the cycle of life of the sanitary fillers dumps, and with the incorporation of environmental indicators of behavior and situation that it will be taken of the German normative and of the NC 135: 2002. Starting from the application of a group of methods of investigation of the theoretical, empiric and statistical level the favorable impacts were demonstrated in the environment and the relevancy of the investigation.

Keywords: environmentalevaluation, environmentalindicators

INTRODUCCIÓN

La evaluación ambiental (EA) es asumida como instrumento de política pública, procedimiento administrativo y metodología para la ejecución de los estudios ambientales (Leiva, 2011). Va acorde a la utilización de una escala de niveles (parámetros o indicadores). Su diseño debe estar sujeto a las tendencias establecidas a escala internacional considerando las particularidades específicas de cada región donde se aplicarán (Leiva, 2011) [y debe permitir] recopilar información y realizar una toma de decisiones eficiente (Mijangos-Ricardez, 2013).

Teniendo en cuenta estos criterios, se hace necesario encontrar soluciones que conduzcan a un correcto procedimiento de EA, donde se tome en cuenta el ciclo de vida de los vertederos y la inclusión de indicadores ambientales a medir. Para ello se han consultado investigaciones y

estudios referidos al tema que aportaron visiones diferentes: el Decreto alemán para vertederos y sitios de disposición final (2009), las leyes cubanas NC 133, 134 y 135 del 2002, el Análisis de ciclo de vida (ACV) plasmado en las normas ISO 14040:2009 e ISO 14044:2009), la Ley 81 del Medio Ambiente de Cuba(1997), la Norma Internacional ISO 14015:2001 que proporciona el procedimiento para realizar una Evaluación ambiental de sitios y organizaciones (EASO), la resolución CITMA 132-2009 que regula el proceso de EIA en Cuba. Fueron también consultadas experiencias internacionales desarrolladas por Sánchez y Coble (2012),Zuluaga (2014), así como las investigaciones de Massolo (2015), de Arriba (2015), Koch et al. (2015), Bau-Satula et al. (2017). Además, de la realizada por Espinosa,M. et.al. (2010) en La Habana, Cuba,y por Espinosa,Y. (2012) y Columbié (2012), en Holguín.

Tras las consultas realizadas, es posible apreciar que existen insuficiencias en la definición de las actividades que conformarían el procedimiento de EA a seguir; en caso de plantearse, no están enfocadas a los sitios de disposición final, ni incluyen la medición de indicadores ambientales.

La sistematización de las bibliografías referenciadas permite evidenciar que los problemas en los vertederos de relleno sanitario son comunes a varias regiones del mundo. Sus causas están relacionadas, entre otras, por los insuficientes lineamientos técnicos básicos para lograr una situación más favorable. En su mayoría, los existentes no están concebidos para el control particular de sitios de disposición final, ni cuentan con el apoyo de indicadores ambientales para su evaluación desde etapas tempranas, asimismo, los que existen no están actualizados.

Igualmente, se visualiza la carencia de una planificación adecuada de las actividades que conforman el ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario y, por tanto, no toman en cuenta los criterios de medición, la interacción entre ellos, ni su comportamiento durante todas las etapas. Además, no se realiza una caracterización físico- química de las emisiones, y los parámetros a medir y sus valores varían en cada investigación sin el análisis adecuado de los mismos. Por tanto, no se emiten resultados confiables al identificar los impactos ambientales sobre el medio físico, biológico y social y, en ocasiones, es imposible acceder a los servicios de un laboratorio especializado para ello. Por tal razón, se propone elaborar un procedimiento para la evaluación ambiental del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario que favorezca su operación y mantenimiento para minimizar las afectaciones a los sistemas natural y socioeconómico.

La actualidad de la investigación radica en que la problemática abordada responde a las tareas asignadas por el Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, conocido como Tarea Vida, priorizada por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Además, toma en cuenta los objetivos 6, 11 y 12 de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Responde a una de las líneas de investigación de la maestría en Gestión Ambiental, específicamente la dedicada a la evaluación de impacto ambiental.

METODOLOGÍA

Las bibliografías consultadas, a las que se hizo referencia en la introducción, muestran que los procedimientos para la EA del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario son insuficientes, pues no consideran todas las etapas desde la selección del emplazamiento, el diseño de las obras de partida, operación, cierre, sellado y re inserción. Son más adecuados para análisis y estudios en las etapas iniciales de los proyectos ya que no toman en cuenta todos los criterios de medición, la interacción entre ellos, ni su comportamiento durante todas las etapas. Solo el ACV analiza cada etapa por las que transitan, identificando las debilidades y afectaciones en su diseño, operación y mantenimiento. Por ello se utilizó como guía metodológica para la presente investigación, con la integración de las etapas del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario.

Además, fueron evidentes deficiencias en los indicadores ambientales a medir, así como en los criterios de comparación para conocer su impacto en diferentes factores del medio. Para suplir las carencias fueron incorporados indicadores de comportamiento (planificación, control y seguridad de los materiales y energía, de infraestructura y transporte) y de situación medioambiental (indicadores físico-químicos) que serán tomados del Decreto Alemán para vertederos, y sitios de disposición final (2009) y de la NC 135: 2002. Estas regulaciones definen las actividades que conforman las etapas del ciclo de vida de las diferentes clases de vertederos y establecen indicadores ambientales, para garantizar un correcto funcionamiento desde la construcción hasta el cuidado posterior al cierre de los mismos.

RESULTADOS

La propuesta de procedimiento estuvo integrada por tres fases y ocho pasos (Figura 1), los cuales contaron con las acciones necesarias para su implementación.

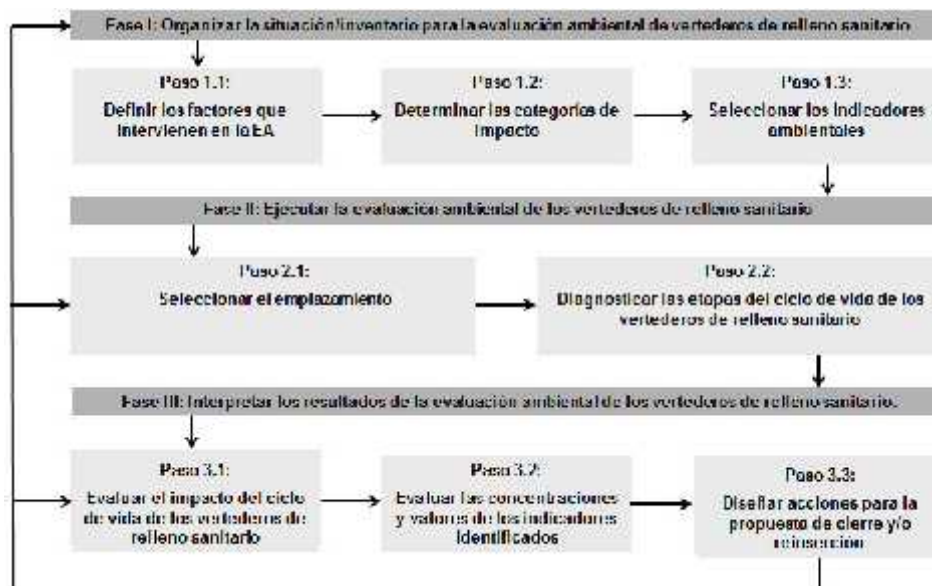


Figura 1. Procedimiento de evaluación ambiental para vertederos de relleno sanitario

Fuente: Elaboración propia

- Fase I: Organizar la situación/inventario para la evaluación ambiental de vertederos de relleno sanitario

Su objetivo es identificar los impactos medioambientales significativos de las actividades del vertedero a evaluar. Para ello se debe reflejar con claridad la situación medioambiental del área, así como la necesidad de la evaluación de acuerdo con las exigencias medioambientales y sociales.

Paso 1.1: Definir los factores que intervienen en la EA.

Para la definición de los factores que intervienen en la EA, se debe determinar el objetivo y alcance, así como su profundidad y amplitud, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle. Se definirá el objeto de estudio y se especificará el público previsto.

Paso 1.2: Determinar las categorías de impacto

Las categorías de impacto seleccionadas serán definidas de acuerdo con el medio o factor que se esté midiendo. Pueden ser salud humana, impacto paisajístico, aguas superficiales y subterráneas, emisiones (de gases y líquidos), porción sólida del residuo, entre otras. Se determinarán, en este caso, de acuerdo con aquellos medios que, tanto las normas cubanas (NC 135: 2002) como el Decreto alemán (2009) consideran como impactados por los vertederos de relleno sanitarios.

Paso 1.3: Seleccionar los indicadores ambientales

Será imprescindible la consulta la NC 135:2002 y del Decreto alemán (2009) para la selección de los indicadores que se medirán. Estos pueden resumirse en: contenido orgánico del residuo seco de la sustancia original (que se determina como pérdida de calor y como TOC, criterios de materiales sólidos (se determinan los contenidos de BTEX, PAK, sustancias lipofílicas y metales pesados en la masa seca), criterios de eluato (pH, DOC, fenoles, metales pesados, contenido total de sólidos disueltos y conductividad eléctrica). Se seleccionará indicadores de comportamiento y de situación medioambiental.

Fase II: Ejecutar la evaluación ambiental de los vertederos de relleno sanitario

Esta fase persigue el objetivo de ejecutar el proceso de evaluación luego de haber sido definidos los indicadores a evaluar, en qué actividades y para qué categorías de impactos. Se controlará el desarrollo de las actividades definidas para la etapa del ciclo de vida y se medirán aquellos indicadores a los que sea necesario analizar a nivel de laboratorio.

Paso 2.1: Seleccionar el emplazamiento

Se deberá realizar las siguientes actividades:

Actividad 1. Ubicar el objeto de estudio de la investigación.

Actividad 2. Verificar si la instalación cuenta con la documentación técnica requerida.

Actividad 3. Puntualizar las entradas y salidas pertinentes, así como los procedimientos de cálculo para cuantificarlas.

Actividad 4. Clasificar el vertedero.

a) De acuerdo con la disposición final, según Jaramillo (2002):

- Relleno sanitario mecanizado: diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias de residuos sólidos y cuya operación será con equipos pesados.
- Relleno sanitario semimecanizado: cuando la población genere entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos, y se emplee maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual.
- Relleno sanitario manual: para pequeñas poblaciones que producen menos de 15 t de residuos/día. La operación de los residuos será con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

b) De acuerdo al método constructivo y la secuencia de la operación.

Existen dos maneras para construirlo, una es con el método de trinchera o zanja, que consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una

retroexcavadora o tractor de oruga. Los residuos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos.

El método de área es el otro método utilizado. Se emplea en áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura. Esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, previa impermeabilización del terreno. Ambos métodos pueden combinarse (Jaramillo, 2002).

c) De acuerdo con el tipo de residuo depuesto (Decreto Alemán (DepV § 2 Nr. 6).

Se divide en cinco clases de vertederos:

- Vertederos sobre la superficie, que comprenderán los vertederos Clase (VC) desde VC 0 hasta VC III:
 - VC 0: Vertedero de residuos inertes.
 - VC I: Vertedero de residuos no peligrosos con poca cantidad de material orgánico.
 - VC II: Vertedero de residuos comerciales.
 - VC III: Vertedero de residuos no peligrosos y residuos peligrosos que cumplan determinados criterios establecidos en el decreto (residuos especiales).
- Vertederos bajo la superficie:
 - VC IV: Vertederos subterráneos (residuos especiales), que bien pueden ser depositados en una mina con una zona separada del depósito de una producción de minerales, o en una caverna completamente encerrada.

Paso 2.2: Diagnosticar las etapas del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario

El diagnóstico de las etapas del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario permitirá describir el comportamiento medioambiental de la instalación estudiada y aquellas actividades y operaciones que están siendo incumplidas en cada una de las etapas del ciclo de vida definidas.

- Etapa 2: Diseño y construcción de obras de partida

Actividad 1. Controlar la preparación de la superficie del terreno para que tenga la impermeabilidad requerida. Se chequeará si se ha garantizado en el área de deposición del vertedero tanto la barrera geológica como el sistema de impermeabilización de la base, según lo que se refleja en el Decreto alemán para vertederos y sitios de disposición final de 2009.

Actividad 2. Chequear la disponibilidad de servicios auxiliares para los trabajadores, como agua, luz y comunicación, etc.

Actividad 3. Verificar que se cuente con una puerta de entrada e identificación visible en la misma, así como un camino de acceso que cuente con las condiciones requeridas.

Actividad 4. Determinar si el vertedero está cercado y en qué condiciones.

Actividad 5. Precisar si existe un sistema de desviación de pluviales y de sistemas de drenaje y recolección de las aguas superficiales y subterráneas.

- Etapa 3: Operación

Actividad 1. Definir origen y clasificación de los residuos recibidos.

Actividad 2. Precisar los medios de transportación que se utiliza para los residuos, así como la capacidad de cada uno de estos medios.

Actividad 3. Determinar las formas de control de las entradas y salidas.

Actividad 4. Identificar las maquinarias existentes para el manejo de los residuos en la instalación, así como las condiciones en las que se encuentran.

Actividad 5. Considerar la disponibilidad de material para la preparación de trincheras y la cobertura de los residuos.

Actividad 6. Identificar la existencia de medidas correctivas o preventivas para el impacto visual y paisajístico durante la explotación.

Actividad 7. Tomar y preparar la muestra de material para ensayos a nivel de laboratorio

Se realiza la toma de muestras de los residuos en la instalación.

Actividad 8. Realizar el análisis físico-químico de las muestras de residuos

Cuando ya se cuente con las muestras necesarias para su análisis se remitirá al decreto alemán donde se exponen un gran número de parámetros a verificar en diferentes vertederos y etapas de su ciclo de vida. En el caso de los residuos tratados mecánica y biológicamente se establece como indicadores: la porción orgánica del residuo seco de la sustancia original, el carbono orgánico disuelto (DOC) y la biodegradabilidad del residuo seco de la sustancia original. Además, se deberá medir la temperatura de los lixiviados y el contenido de humedad y el material orgánico.

Ensayos a los residuos líquidos (lixiviados):

Se debe preparar los lixiviados para realizar los ensayos correspondientes. Para ello resulta necesario filtrarlos para obtener un líquido lo más claro posible, con ínfimas cantidades de sólidos, pero de un color marrón claro propio de su interacción con materia orgánica.

- Conductividad eléctrica:
- Valor de pH y temperatura:
- Determinación de metales pesados:

Es válido, además, la medición de indicadores que no se exija en el Decreto Alemán para vertederos y sitios de disposición final, siempre que se considere también de importancia y que se disponga de los materiales necesarios.

- Fase III: Interpretar los resultados de la evaluación ambiental de los vertederos de relleno sanitario

La interpretación de los resultados intenta ofrecer una lectura comprensible, completa y coherente de la presentación de resultados de un ACV (NC-ISO 14040:2009). Deberá proporcionar resultados que sean coherentes con el objetivo y el alcance definidos, que lleguen a conclusiones, expliquen las limitaciones y proporcionen recomendaciones. Se desarrollará a través de tres pasos.

Paso 3.1: Evaluar el impacto del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario

En este paso, se debe exponer los resultados de la EA obtenidos de los análisis realizados en las actividades definidas para los pasos anteriores.

Paso 3.2: Evaluar las concentraciones y valores de los indicadores identificados

Se deberá interpretar los resultados en base a las concentraciones obtenidas, sus posibles causas y consecuencias. Exponer los resultados de los indicadores medidos a nivel de laboratorio.

Paso 3.3: Diseñar acciones para la propuesta de cierre, sellado y re inserción.

Las actividades de cierre y sellado de un vertedero de relleno sanitario van de la mano al final de su ciclo de vida. Al final de la evaluación y, en dependencia de si los resultados son positivos o no, se procederá al cierre de la instalación, o solo se requerirá su sellado en caso de ser pertinente que se mantenga funcionando.

Si finalmente se determina la necesidad del cierre de la instalación (etapa 4) se debe:

Actividad 1. Proponer un plan de medidas para continuar el monitoreo o para mitigar aquellos factores que no estén rindiendo de la mejor forma.

Actividad 2. Concluir si existe alguna posibilidad de aprovechamiento de los residuos. Esta actividad se debe realizar incluso si las conclusiones fueran favorables y no requirieran de un cierre.

Actividad 3. Especificar si existen posibilidades de reinserción y destinar un nuevo lugar para la disposición de los residuos antes aquí recibidos.

La etapa que le seguiría sería la de sellado (se realice o no el cierre del vertedero), para la cual es necesario:

Actividad 1. Verificar el funcionamiento de los sistemas de recolección de gases y lixiviados: si están funcionando adecuadamente, y si es que estos fueron construidos.

Actividad 2. Chequear las condiciones de la capa de recultivación: aquí se mide la calidad de la cobertura, tanto el modo en que se hizo como la calidad del material.

Ya para la última etapa del ciclo de vida del vertedero (etapa 6: reinserción), se deberá definir las siguientes actividades:

Actividad 1. Demostrar las posibilidades de reinserción: Se determinará si es posible reincorporar el relleno sanitario ya sellado a su entorno de acuerdo con el grado de contaminación.

Actividad 2. Proponer alternativas de reinserción: se puede dar la oportunidad de su empleo como terreno agrícola o el uso como terreno recreacional. Finalmente, se debe especificar si será necesario esperar un tiempo (y de ser así de cuánto) hasta que el suelo recupere sus nutrientes naturales para poder realizar la reinserción y si en el proceso se deberá chequear las emisiones como las de metano o de los lixiviados generados.

DISCUSIÓN

Para la valoración de la factibilidad de la propuesta del procedimiento para la evaluación ambiental del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario se sometió al criterio de especialistas. Para su selección se tomó en cuenta la experiencia práctica sobre el tema y que fueran posibles usuarios de la propuesta que se somete a su consideración.

Se determinó el coeficiente de competencia promedio de los expertos seleccionados, en este caso 17, y resultó de 0.81. Ello asegura la fiabilidad en la selección de los especialistas. Los especialistas seleccionados provenían de la Unidad Presupuestada de Servicios Comunes del Municipio Holguín, el CITMA, la Dirección Municipal de Higiene y Epidemiología, de Planificación Física, así como de la Universidad de Holguín.

Una vez seleccionados los expertos, se les hizo llegar una encuesta en la que se les anexó la propuesta de procedimiento de la investigación y se les pidió su opinión. Se solicitó su valoración sobre la base de las dimensiones siguientes:

Dimensión 1: Aplicabilidad del procedimiento para la evaluación ambiental del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario

Dimensión 2: Eficiencia del procedimiento para la evaluación ambiental del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario

Dimensión 3: Optimización del procedimiento

Se demostró que propuesta es un 80% aplicable, un 94% eficiente y un 82% óptima. Las opiniones de los especialistas acerca de los aspectos que evalúa la propuesta, en correspondencia con las dimensiones planteadas, permitieron conocer que dicha propuesta fue considerada positiva.

CONCLUSIONES

La sistematización de los fundamentos teóricos-metodológicos evidenció que las problemáticas para la evaluación ambiental del ciclo de vida de los vertederos de relleno sanitario son problemas comunes en varias regiones del mundo. Igualmente, demostró la necesidad de aplicar un procedimiento para su evaluación ambiental, si es que se quiere detener las afectaciones medioambientales que causadas por las malas prácticas que hoy día tienen lugar.

La propuesta de un procedimiento para la evaluación ambiental de los vertederos de relleno sanitario, a través del análisis de su ciclo de vida con la incorporación de indicadores ambientales de la norma alemana como herramientas de evaluación, quedó integrado por tres fases y ocho pasos. Dicho procedimiento permite identificar los métodos constructivos y de operación que están siendo violados y la presencia de contaminantes difíciles de controlar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arriba, J.M. (2015). Gestión de Recursos naturales en la sierra de Santa Mónica en Veracruz, México. Tesis Doctoral. <https://www.grn.cl/evaluacion-ambiental.html>
2. Bau-Satula, I., Ulloa-Carcasés, M., Gola-Cahimba, J. (2017). Evaluación ambiental del depósito de residuos sólidos de Katenguenha, Angola.
3. Columbié Suárez, Yadira (2012). Evaluación geotécnica del relleno sanitario Alcides Pino, municipio Holguín. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniera Civil. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".
4. Decreto alemán para vertederos y sitios de disposición final (Verordnung über Deponien und Langzeitlager, Deponieverordnung - DepV) (2009)

5. Espinosa Gaínza, Yamilet. (2012). Propuesta de solución geotécnicadel relleno sanitario “Alcides Pino”, Holguín.
6. Espinosa Lloréns, M.C., López, M., Pellón, A., Robert, M., Díaz, S. González, A., Rodríguez, N. y Fernández, A. (2010). Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de La Habana.
7. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Asamblea Nacional del Poder Popular.Ley 81 del Medio Ambiente de la República de Cuba. (1997). Edición Extraordinaria, La Habana
8. ISO 14040:2009. Publicada por la ISO en 2006. Gestión Ambiental — Análisis del ciclo de vida —Principios y marco de referencia.
9. Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales: Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. Universidad de Antioquia, Colombia.
10. Koch, C.; Giese, S.; Frausto Martínez, O.; Jost, R.r; Schirmer, M. (s.f.). Economía de circulación y monitoreo de rellenos sanitarios en Alemania.
11. Leiva Mas, J. (2011) Evaluación de soluciones tecnológicas en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas mediante un sistema local de indicadores de sostenibilidad ambiental Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
12. Massolo, L. (2015). Libros de cátedra. Introducción a las herramientas de gestión ambiental. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de la Plata. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata.
13. Mijangos-Ricardez, O.F, López Luna, J. (2013). Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales.
14. Moncada-Serrano, N. C. y Rodríguez-Córdova, R. (2012). Sistema de Indicadores para la Evaluación de la Aplicación del Sistema de Gestión Ambiental en Empresas Constructoras. Ciencias Holguín. ISSN 1027-2127 1. Cuba.
15. NC ISO 14015: 2005 (Publicada por la ISO, 2001) Gestión ambiental-Evaluación ambiental de sitios y organizaciones (EASO) [ISO 14015:2001 (Traducción certificada), IDT]
16. Oficina Nacional de Normalización. NC 133:2002.Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénicos-sanitarios y ambientales.

17. Oficina Nacional de Normalización. NC 134:2002. Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénicos-sanitarios y ambientales.
18. Oficina Nacional de Normalización. NC 135:2002. Residuos sólidos urbanos. Disposición final. Requisitos higiénicos-sanitarios y ambientales.
19. Resolución No. 132/2009: "Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental".
20. Sánchez Tejada, G.M., Coble Castro, J.J. (2012). Análisis de ciclo de vida aplicado a la gestión de residuos urbanos del Distrito Nacional de la República Dominicana.
21. Zapata Muñoz, A.F. y Zapata Sánchez, C.E. (2013). Gestión y Ambiente. Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios.
22. Zuluaga Parra; A.C. (2014). Evaluación de la aplicabilidad de la metodología ACV en la cuantificación de los impactos ambientales de la gestión de los biorresiduos municipales de la ciudad de Cali.