

# METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES

Gemma Marta Martínez Huerta

Henar Morán Palacios

Sara Rodríguez Sousa

Jesus Laine Cuervo

Universidad de Oviedo

## Abstract

Nowadays the industries in general and the steelmaking in particular, are the most waste industries generators in the world, this represents a strong impact in the environment.

One way to be friendly and meet the sustainability principles demanded by the European Union today, is to establish a waste management system and several tools for its total evaluation.

These tools are based on a methodology for the integrated waste management that includes a system of indicators to assess the efficiency of above-mentioned management.

The author identifies as from the point of view of its generation as external reuse and recovery, a series of measurable indicators that are representative of the level of efficiency in the management of waste from a process, these are defined at two levels, environmental and socioeconomic status.

Based on these indices is developed a methodology for decision support which selects the best process for each waste to be treated according to their characteristics, selecting from the possibilities of reuse or recovery identified the most feasible and comparing with other reference facilities.

**Keywords:** *methodology; waste; integrated waste management; benchmarking; system of indicators, sustainability*

## Resumen

Hoy en día las industrias son grandes generadoras de residuos, lo que supone un fuerte impacto sobre el medioambiente. La mayor diversidad de estos residuos y la dispersión de su localización han provocado que no se hayan producido los avances en la gestión generalizados durante los últimos años en los Residuos Sólidos Urbanos.

Los requisitos de sostenibilidad demandados actualmente requieren el establecimiento de sistemas de gestión de residuos optimizados, de modo que a cada residuo se le apliquen las técnicas más adecuadas dentro de las mejores disponibles en cada momento.

En la presente comunicación se presenta una metodología de gestión integral de los residuos que permita la selección del mejor proceso para cada residuo a tratar en función de sus características, seleccionando de entre las posibilidades de reutilización o valorización identificadas aquellas más factibles a través de la incorporación de un sistema de ayuda a la decisión.

Esta metodología, preparada para la introducción de nuevos procesos y tratamientos, incorpora un sistema de indicadores cuantificables representativos del nivel de eficiencia en la gestión de los residuos de un proceso, definidos en dos niveles (medioambiental y socioeconómico) para evaluar la eficiencia de dicha gestión dentro de una misma organización o como herramienta de benchmarking.

**Palabras clave:** *metodología; gestión integral de residuos; benchmarking; residuo; sistema de indicadores, sostenibilidad*

## 1 Introducción

Actualmente debido a la industrialización y al desarrollo, la cantidad y variedad de residuos sólidos que se generan ha ido aumentando de forma acelerada generando un fuerte impacto sobre el medioambiente, todo esto ha dejado patente la necesidad de un tratamiento adecuado que disminuya de forma considerable sus efectos negativos.

Hasta hace pocos años, los residuos se depositaban libremente en los vertederos, ríos, mares o cualquier otro lugar sin ningún tipo de control. Aunque aún queda mucho camino por recorrer en este campo, actualmente, tanto a nivel europeo, como a nivel nacional y autonómico, están en vigor diversos planes y normas que marcan las líneas de actuación en cuanto al manejo de determinados grupos de residuos.

La propia definición de residuo, que impone unas obligaciones en su gestión y la necesidad de su minimización, es recogida por la Unión Europea en la Directiva marco sobre residuos, que cada país miembro debe transponer a su acervo legislativo (DOUE L nº 144/9 de 27/04/2006).

Como parte de la transposición de la normativa europea al ámbito legislativo nacional se elabora el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) para el período 2008-2015 (BOE nº49 de 26/02/2009).

A nivel autonómico se elaboran planes de Gestión de residuos, en el Principado de Asturias, la clasificación de los residuos viene dada por el Plan Básico de Gestión de Residuos (BOPA núm. 157 de 7 de julio de 2001), cuyo ámbito temporal se extiende hasta el año 2010. Este Plan tiene como objetivo principal: "definir y programar las directrices que deben seguir las diversas actuaciones, públicas o privadas, relativas a la gestión integrada de los residuos, dentro del marco propuesto por la Ley 10/1998, de Residuos, y demás normativa nacional y comunitaria sobre residuos, con el fin de proteger el medio ambiente y la salud de las personas".

El Plan agrupa los residuos en urbanos, industriales y otros, los objetivos fijados para estos residuos están condicionados por la legislación vigente y el cumplimiento de distintos planes nacionales, muchos de ellos aún en fase de borrador en el momento de la aprobación del Plan, no siendo objeto del Plan los residuos radiactivos, los residuos procedentes de actividades mineras, ni los suelos contaminados

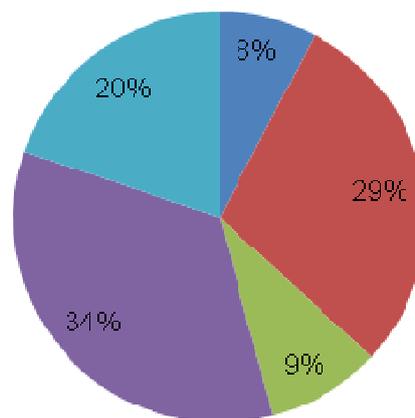
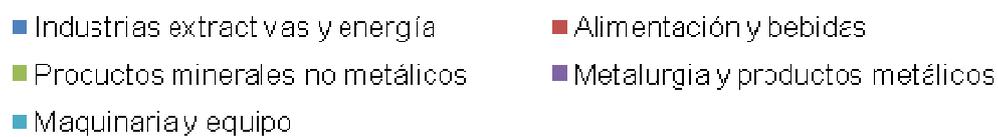
Los tipos de residuos sólidos que se generan actualmente se clasifican en los siguientes grupos:

- Residuos sólidos urbanos (RSU)

- Residuos industriales: clasificados en inertes, residuos similares a RSU y residuos peligrosos.
- Residuos agrarios.
- Residuos médicos y de laboratorio.
- Residuos radiactivos.

La clasificación de los residuos depende del tipo de productor de los mismos, en el Principado de Asturias, los sectores industriales más significativos son la metalurgia y productos metálicos, seguida de alimentación y bebidas y de las industrias extractivas y de producción de energía tal y como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1: Clasificación de empresas de cada sector industrial en el Principado de Asturias**



La sociedad actual exige que la industria aumente su eficiencia comprometiéndose a minimizar los consumos y la generación de residuos, contribuyendo a un desarrollo sostenible.

Las empresas han generado comportamientos y procedimientos que permitan conseguir este objetivo, para ello, es importante que conozcan cuál es su situación actual en cuanto a la gestión de sus procesos y disponer de un sistema que permita conocer las variaciones en los resultados, para conseguir ser cada vez más eficiente tanto económica como medioambientalmente.

Esta eficiencia se traduce en una disminución de la generación de residuos sólidos pero también implica su aprovechamiento, convirtiéndose así los residuos en un subproducto del proceso, y consiguiendo menor cantidad de emisiones y un mayor beneficio económico para la empresa.

## 2 Objetivo

El objeto de este estudio es el desarrollo de una metodología, utilizable para cualquier tipo de residuo sólido, tanto urbano como preferentemente industrial, que permita la evaluación

de la eficiencia en la gestión de residuos sólidos, entendiendo esta como un conjunto de métodos desarrollados para valorar la eficiencia con la que se desarrollan las operaciones de manejo de los residuos.

La metodología es la base de un sistema de ayuda a la decisión que, a partir de los posibles procesos de revalorización de los residuos, evalúa la adecuación de cada uno de ellos desde el punto de vista ambiental y define el procedimiento de tratamiento a seguir.

El sistema es totalmente ampliable de modo que, a partir de la definición de unas fichas de proceso, es posible introducir en el sistema cualquier nuevo proceso desarrollado.

### 3 Metodología

Analizando el marco legal y normativo actual, se observa que no existe ninguna imposición legal a cerca del desarrollo de metodologías tanto para la gestión de los residuos como para la evaluación de la eficiencia de procesos, por lo cual, cada empresa, municipio, sector de actividad, etc., que desee implantar una metodología de este tipo, puede incluir en esta evaluación aquellos elementos que defina como prioritarios, estando tan sólo bajo el marco del cumplimiento de las disposiciones legales y normativas existentes, relativas al manejo de residuos según sus características.

Existen múltiples investigaciones sobre métodos de gestión realizados en diferentes países, muchos referentes a los RSU, en este ámbito se utilizan diferentes metodologías, pero la mayoría de los modelos de RSU existentes en la literatura están basados en la toma de decisiones.

Un estudio realizado en Irlanda, sobre los tipos de modelos que se utilizan actualmente dentro del ámbito de la gestión de residuos sólidos, (Morrissey et al, 2004) puso de relieve algunas deficiencias en los mismos, particularmente la investigación se centraron en modelos de toma de decisiones, por ser los más comunes como ya se ha descrito anteriormente, estos se dividen en tres categorías:

- Análisis de coste-beneficio: este enfoque permite la mejora en una dimensión del problema (por ejemplo los costes) para compensar el deterioro en otra dimensión, (por ejemplo las emisiones), lo cual hace que este tipo de metodología no sea muy sostenible para la gestión de residuos, ya que prima la eficiencia económica que suele ser un factor primordial en un análisis coste-beneficio a expensas de criterios ambientales y sociales.
- Análisis de ciclo de vida: trata los aspectos ambientales e impactos ambientales potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final.
- Toma de decisiones multicriterio: consiste en identificar varias alternativas, (como los diferentes escenarios de gestión de residuos) que luego son evaluadas en términos de qué criterios son los más importantes para el modelo o para las condiciones en las que el modelo se va a desarrollar, o bien comparar los aspectos medioambientales en la gestión de residuos (reciclaje, incineración y eliminación).

Los resultados dejaron entrever las diferentes limitaciones de estos modelos, ya que la mayoría no consideran el ciclo de gestión de residuos completo, desde la minimización de los residuos hasta su disposición final. En general, sólo se preocupan de perfeccionar el método de decisión multicriterio en sí o de comparar aspectos medioambientales entre las opciones existentes a la hora de gestionar los residuos (reciclaje, incineración y eliminación).

Además, para que la gestión de residuos sea sostenible estas metodologías deben de considerar los aspectos medioambientales, sociales y económicos de manera conjunta, pero no todas lo hacen, otro inconveniente de estas metodologías es que ningún modelo identificado considera la participación de todos los interesados, (gobierno, autoridades locales, expertos técnicos, etc).

En la región de Jamsa en Finlandia, se hicieron estudios donde se utilizó la metodología de ayuda a la decisión desarrollando un método denominado ELECTRE III para elegir cuál sería el mejor sistema de gestión de Residuos Sólidos Urbanos, después de analizar diferentes técnicas, se eligieron como posibilidades de tratamiento técnicas de vertido, compostaje e incineración, los resultados fueron bastante positivos y se empezó a utilizar a partir del año 1995 (Hokkanen et al, 1997).

Este método, también fue empleado para la evaluación de diferentes alternativas en la gestión integrada de residuos sólidos para una estación de aire de Alaska, el estudio fue llevado a cabo por el Instituto de Tecnología de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos (Shoviak et al, 2003). El modelo utilizado, proporcionó una visión de la toma de decisiones en cuanto a qué estrategia era la más adecuada para la gestión de los RSU, incorporaba además un análisis de sensibilidad que evaluaba los efectos de los cambios en los parámetros del modelo.

Aunque la metodología de ayuda a la decisión sea la más utilizada a la hora de evaluar y analizar diferentes posibilidades en el ámbito de la gestión de residuos, cabe destacar la utilización de otro tipo de metodologías muy interesantes en este campo, como son las siguientes.

En México se elaboró la “Guía Metodológica para el levantamiento y evaluación de información de campo para efectuar el diagnóstico de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial”, desarrollada en 2007 (Kiss et al 2007).

Al no existir en este país ningún tipo de metodología satisfactoria para la gestión de los residuos sólidos urbanos, la aplicación de la Guía contribuyó a la estandarización del método para la generación de información del este sector y permitió conocer los puntos con necesidades de mejora. Esta Guía se diseña para ser revisada cada 2 años con el fin de establecer un proceso de mejora continua para la metodología implantada.

En el año 2008 se realizó un estudio para medir la eficiencia ecológica en la gestión de residuos urbanos en Cataluña. La base de este estudio, se centró en la orientación hacia la sostenibilidad, indicada por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), que recomendaba la aplicabilidad de la ecoeficiencia, dentro de los organismos públicos. A tal efecto, se realizó una aproximación empírica, basada en cómo se gestionaban los residuos municipales en Cataluña, tomando una muestra de 48 municipios. Los resultados obtenidos demostraron que existe un alto nivel de ineficiencia en materia de gestión de residuos municipales (Villavicencio et al2008).

En 2009, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia decide desarrollar una metodología de gestión de sus residuos a nivel municipal, denominado Plan de Gestión Integral. La metodología se basa en una serie de indicadores que deberán ser calculados en la fase de diagnóstico para establecer el punto de partida (línea base), que facilitarán el establecimiento de las metas a alcanzar y que permitirán poner en marcha los procesos de seguimiento y monitoreo de su cumplimiento. También incluye los elementos mínimos necesarios para formular el Plan de contingencias para situaciones de emergencia, que eventualmente pongan en riesgo la ejecución del plan.

Otra metodología utilizada por la Facultad de Ingeniería de Cuyo en Argentina para la gestión de los residuos generados en los laboratorios de docencia e investigación es la que utiliza la categorización (Llamas et al, 2009). Esta metodología se basa en la formulación de

una sucesión de etapas basadas en un diagnóstico de situación inicial con la finalidad de extender su aplicación a todo tipo de instalaciones con características similares, identificando las características de peligrosidad de los residuos generados para así establecer una categorización que facilite el diseño de procedimientos de etiquetado, envasado y acopio para recomendar tipos de recipientes y lugares de almacenamiento apropiados para los residuos de los laboratorios.

### **3.1 Desarrollo de una metodología para la gestión de residuos.**

Hoy en día no existe una metodología para la gestión de residuos válida para cualquier sector de producción, ya que cada industria desarrolla sus propios métodos en función de las características y volúmenes de sus residuos.

Por todo esto, el objeto del estudio que se presenta en esta comunicación, es el desarrollo de un método general que sirva para la gestión de cualquier tipo de residuo independientemente del sector al cual pertenezca, incorporando los puntos fuertes de otras metodologías existentes y al mismo tiempo mejorando las características y las limitaciones de las mismas.

La metodología resultante, aparte de cumplir las directivas comunitarias, normativa nacional, autonómica y local, ha de evaluar la eficiencia de los procesos asociados al manejo de los residuos sólidos.

Para la búsqueda de la misma, es necesario elaborar una metodología apropiada para la gestión de los residuos sólidos, todas las metodologías incluyen un sistema de medida de la eficiencia, en este caso, este sistema estará basado en la determinación de una serie de indicadores, que pueden ser tanto ambientales, como sociales y económicos, de tal manera, que de forma global resulte un sistema específico aplicable a la gestión de cualquier residuo sólido industrial.

#### **3.1.1 Clasificación de los sistemas de indicadores**

La mayoría de las metodologías actuales definen la eficiencia de sus procesos en función de determinados indicadores, un indicador es una medida utilizada para describir actividades en términos cuantitativos y cualitativos con el fin de evaluarlas de acuerdo con un método, incluyendo tendencias y progresos a lo largo del tiempo (Ministerio de Medioambiente, 1996)

Se destacan las ventajas asociadas al empleo de los mismos, así como su relevancia como herramientas para la gestión medioambiental de las empresas. Los indicadores tienen una serie de funciones y características que permiten clasificarlos en diferentes tipos o sistemas de indicadores ambientales, (COMFEMADERA, 2004) (ISO14001) (Andrés et al, 2005), (Comisión de Medioambiente Australiana, 2006), el Ministerio de Medio Ambiente de España en el año 2000 definió un sistema de indicadores como un conjunto ordenado de problemas ambientales, descrito mediante variables de síntesis cuyo objetivo es proveer una visión totalizadora de los intereses predominantes relativos al medio ambiente.

Para elaborar un sistema de este tipo, se deben analizar sus características (Recomendación de la Comisión, 2003), y determinar el procedimiento a seguir para su establecimiento e implantación (ISO66175) (IHOBE, 1999). Este procedimiento pautará las

etapas de integración del sistema en cualquier empresa, desde el diseño de los propios indicadores, a su implantación, la explotación de la información que generen y finalmente la revisión de la idoneidad del sistema implantado.

Actualmente existen dos sistemas de indicadores medioambientales tomados como estándar a nivel mundial, uno es el del IHOBE/ISO/EMAS, denominado así en función de los tres documentos en los que se basa y que poseen una estructura común con la misma línea de actuación. Estos documentos son:

- La Guía de indicadores ambientales para la empresa de la Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco (IHOBE) de 1999.
- La norma ISO14031: Gestión medioambiental. Evaluación del comportamiento medioambiental. Directrices generales de 1999.
- La Recomendación de la Comisión referente a la adhesión de las organizaciones al Sistema Comunitario de Gestión Medioambiental contenido en el Reglamento EMAS del año 2001, en lo que respecta a la selección y el uso de indicadores del comportamiento medioambiental, publicada en 2003 por la Unión Europea.

Otro sistema es el procedente de la Global Reporting Initiative (GRI) del año 2005, ésta es una institución independiente que creó el primer estándar mundial para la elaboración de memorias de sostenibilidad de aquellas compañías que deseen evaluar su desempeño económico, ambiental y social.

### **3.1.1.1 Selección del sistema de indicadores y desarrollo de un nuevo sistema**

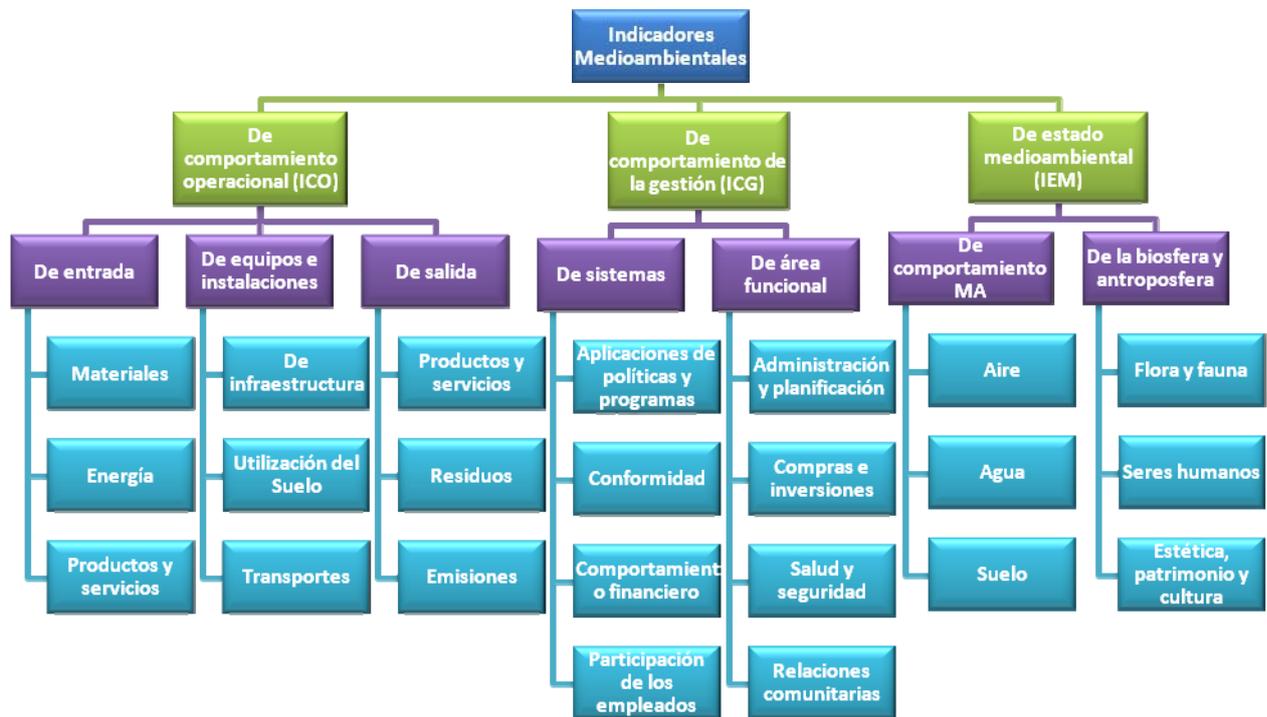
Para la selección de un sistema de indicadores medioambientales aplicable a cualquier tipo de empresa-residuo industrial, se realiza una confrontación de ambos sistemas— IHOBE/ISO/EMAS y GRI—con el fin de localizar elementos comunes que permitan conformar la estructura de uno nuevo, completo y mejorado, que sirva de base para el desarrollo de la metodología de esta investigación.

En el sistema IHOBE/ISO/EMAS de la Figura 2, los indicadores se clasifican en tres grupos, el primero corresponde a los indicadores de comportamiento operacional (ICO), que describen, de manera sencilla, el impacto que los procesos e instalaciones de una empresa tienen en el entorno e informan sobre su relación con el medio a escala operativa.

El segundo grupo son los indicadores de comportamiento de la gestión (ICG), que están íntimamente relacionados con la forma de controlar y responder a los distintos aspectos medioambientales de una empresa, reflejando el grado de implicación de todos los departamentos en las acciones organizativas diseñadas desde la dirección. Son indicadores que informan por ejemplo, sobre objetivos, metas, formación, programas medioambientales, etc.

Por último se encuentran los Indicadores de estado medioambiental (IEM), que describen el entorno de ubicación de la empresa, cuyo objetivo es dar a conocer la situación del ecosistema. Un ejemplo de su aplicación es el análisis del nivel de ruido o la calidad de aguas y atmósfera cuando la empresa no está operativa.

Figura 2: Clasificación de indicadores medioambientales según el sistema IHOBE/ISO/EMAS



Por otro lado el sistema GRI, que como ya se descrito anteriormente es el principal estándar internacional para la elaboración de Memorias de Sostenibilidad, define la misma en función de tres dimensiones distintas—económica, ambiental y social—para cada una se desarrollan indicadores de desempeño, que facilitan la comparabilidad de la información como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación del sistema de indicadores GRI

Desempeño Económico	Económicos
Dimensión Ambiental	Ambientales
Dimensión Social	Prácticas laborales y ética del trabajo
	Sociedad
	Responsabilidad sobre productos
	Minería y metales

Mediante la confrontación de ambos sistemas se elabora el denominado Sistema de Indicadores Medioambientales (SIM).

A continuación se procede al desarrollo de cada uno de los puntos del mismo, con el fin de establecer las líneas que permitan desarrollar indicadores acordes con los intereses y políticas de empresas específicas en las que se desee implantar.

El nuevo sistema estará formado por dos grandes bloques: ambientales y socioeconómicos.

El primer bloque de indicadores ambientales, se corresponde prácticamente con los descritos anteriormente, pero se organizan de diferente manera, dando lugar a 3 subgrupos: El primero corresponde al flujo de materiales y residuos, que son los flujos de entrada y salida de materiales, energía, agua, residuos, etc., el segundo se refiere al impacto de las actividades de la empresa, estudiando los efectos de la industria sobre el medioambiente, y finalmente está el subgrupo de biodiversidad, que refleja y cuantifica la situación medioambiental de los ecosistemas debida a la contaminación industrial.

El segundo bloque—socioeconómicos—se refiere a los valores económicos y sociales asociados a cuestiones ambientales, que a su vez se subdivide en dos grupos: sociales y económicos.

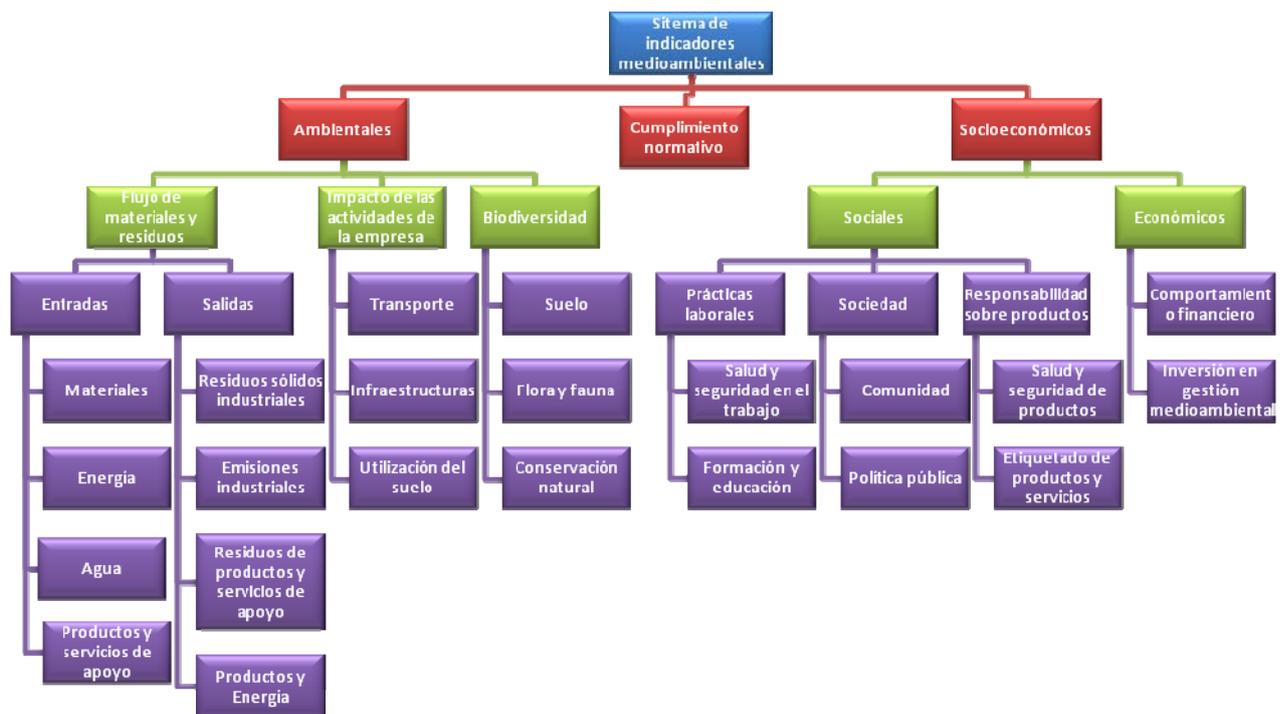
El grupo de indicadores sociales, referido a prácticas laborales (formación de trabajadores en materia medioambiental asociado a la salud y seguridad de estos en el lugar de trabajo), *sociedad* (gestión de los riesgos que aparecen como consecuencia de la interacción de las industrias con las comunidades y política pública) y responsabilidad sobre productos (referente a la búsqueda de la conformidad medioambiental respecto al cliente y a los productos y servicios que ofrece la empresa)

El grupo de indicadores económicos, comprende las ayudas financieras recibidas y las inversiones realizadas para disminuir el impacto ambiental.

Por último, cabe destacar que en lo que se refiere al cumplimiento normativo, este pasa de ser un indicador ambiental a poseer la misma posición jerárquica que los bloques ambiental y socioeconómico, ya que, aunque en las normas ISO y en el Reglamento EMAS son voluntarios, todo el sistema ha de cumplir obligatoriamente la legislación vigente.

En la Figura 3, se puede observar la clasificación final del sistema de indicadores propuesto en forma de árbol, al que denominamos SIM.

**Figura 3: Clasificación final del sistema de indicadores medioambientales SIM**



Una vez creado el Sistema de Indicadores Medioambientales (SIM), es necesario definir su aplicabilidad al campo de la gestión de residuos. Para ello es necesario conocer el proceso en el que se va a integrar, y por tanto, conocer el procedimiento que se sigue a la hora de gestionar los residuos.

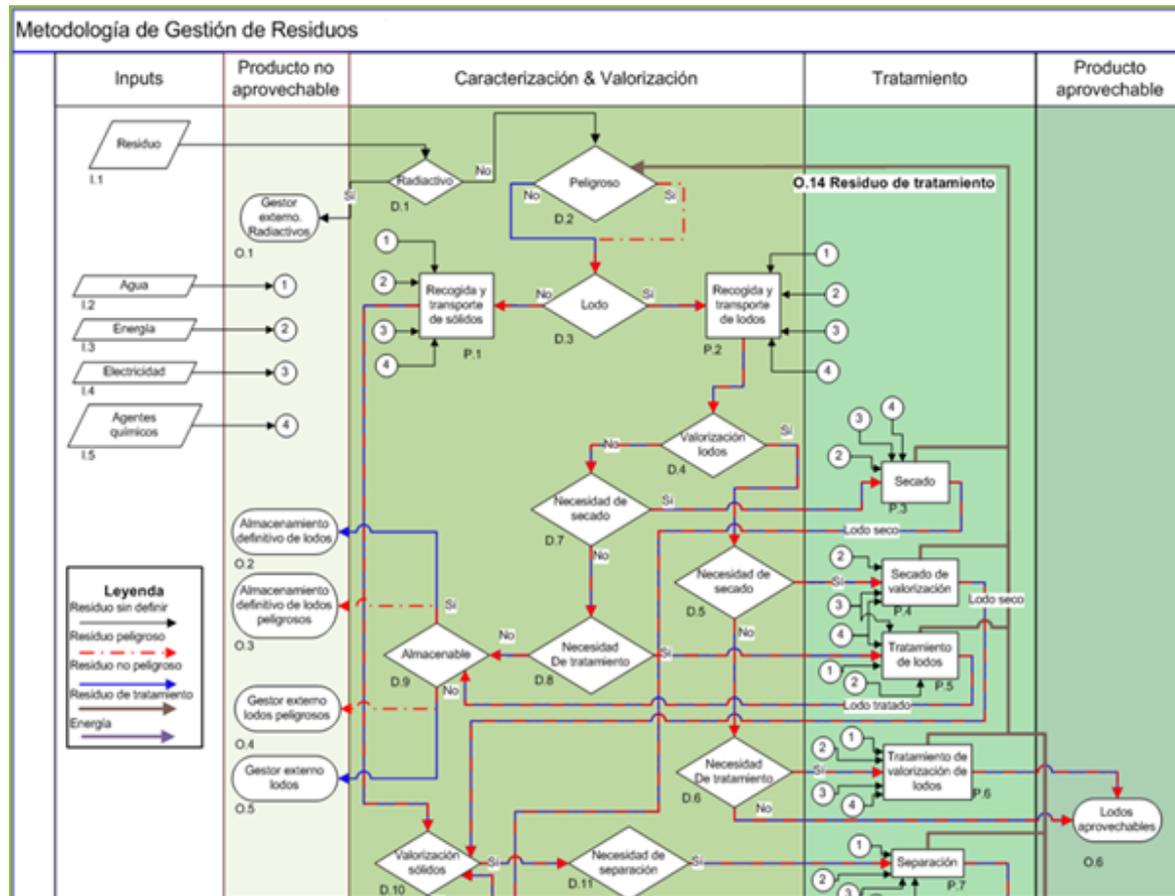
En el siguiente apartado se presenta un método para la gestión de los mismos aplicable a cualquier sector de actividad para poder conocer al detalle sus flujos de información, y desarrollar a través del sistema de indicadores que en ella se implante, un sistema de control y mejora continua.

**3.1.2 Metodología propuesta para la gestión de los residuos sólidos**

Para la elaboración de la metodología se utilizan los conocimientos adquiridos de cada metodología de gestión de residuos existente complementándola con el diseño de un método en forma de diagrama de flujo, denominado a partir de ahora flujograma de gestión de residuos, que permite valorar la gestión de los residuos de cada empresa en función de los indicadores definidos.

Este flujograma sirve como sistema de ayuda a la decisión y presenta todas las etapas del proceso necesarias para el tratamiento del residuo desde su generación hasta su disposición, eliminación o reutilización, de manera que simplifica la toma de decisiones asociada al ciclo de vida de cualquier tipo de residuo sólido.

**Figura 4: Imagen de una parte del flujograma para la gestión de residuos sólidos**



Dentro del diagrama de flujo existen cuatro tipos de elementos; inputs, decisiones, procesos y outputs, definidos de la siguiente manera.

Los Inputs, son las entradas al flujograma. Se enmarcan en esta categoría el residuo sólido inicialmente generado y todos los insumos necesarios para el tratamiento del mismo, que serán el agua, la energía (no eléctrica), la electricidad y los agentes químicos. Se representan en el flujograma con romboides

Las decisiones que es necesario tomar de acuerdo con la naturaleza del residuo y dirigen al mismo hacia un tratamiento final diferente según sus propiedades. Estas se representan gráficamente como rombos. Y corresponden a la columna de caracterización y valorización.

Dentro del flujograma se describen decisiones como el carácter radiactivo o no del residuo generado así como el carácter peligroso o no, si es residuo sólido o es un lodo en base a su morfología, etc.

Los procesos son las etapas en las que es necesario cambiar las características físicas y químicas de un residuo mediante algún tipo de proceso. Se representa gráficamente como rectángulos y corresponden a la columna de tratamiento del flujograma. Estos se clasifican en, recogida y transporte, secado del producto para eliminación o valorización, incineración, etc. Según sea el producto a tratar lodo o sólido.

Finalmente están los outputs o salidas del proceso, es decir, los resultados a los que se llega después de completar el diagrama y con los que finaliza la vida del residuo, ya que o bien se procede a su eliminación o bien se procede a su valorización. Se representan gráficamente como rectángulos con bordes redondeados.

Los outputs pueden ser considerados productos (productos del tratamiento) o residuos (residuos de tratamiento).

Los primeros se clasifican en productos aprovechables (en función de su peligrosidad) que se depositan en vertedero de forma definitiva o se llevan a un gestor, y los no aprovechables son aquellos productos que tras recibir un tratamiento o por su configuración inicial pueden ser aprovechados para algún tipo de aplicación.

Los residuos de tratamiento siguen el mismo proceso de diagnóstico que cualquier residuo que entre a seguir la metodología del flujograma, pasando a ser caracterizado y valorizado. Se incluyen en esta clasificación todos los residuos sólidos procedentes de procesos pertenecientes a la fase de tratamiento que aparece en el flujograma.

### **3.1.3 Metodología para la evaluación de la eficiencia en la gestión de residuos**

Una vez desarrollado el sistema de indicadores medioambientales (SIM) y el flujograma que define la gestión, es necesario integrar ambos, esto da lugar a un sistema de mayor complejidad que se denominará Sistema de Indicadores Medioambientales para la Gestión de Residuos Sólidos (SIMGRE). Este sistema, será el método seleccionado para hacer efectiva la evaluación de la eficiencia en la gestión de residuos sólidos objeto de este estudio.

Al estar el SIMGRE constituido por la integración del SIM en el flujograma de gestión de residuos, se define a sí mismo como una herramienta de identificación de indicadores cuantificables representativos del nivel de eficiencia en la gestión de los residuos de proceso, tanto desde el punto de vista de su generación como de su reutilización, valorización y/o eliminación.

Para definir los indicadores de gestión de residuos, se toma como referencia el volumen, peso, gasto energético, etc. del residuo generado, y no la facturación o el volumen de producto final (Recomendación de la comisión, 2003) (Global Reporting Initiative (2006) (IHOBE, 1999) (ISO14031) (Ministerio de Medioambiente, 2001). Estos indicadores se organizan en tablas clasificados según el grupo, el nombre, el código de identificación, la fórmula para su cálculo, la unidad en la que se expresa y la tendencia que cada indicador debería seguir para que la evolución del sistema sea favorable. En total se han generado del orden de 500 indicadores correspondientes tanto a la parte ambiental como a la socioeconómica y teniendo en cuenta el cumplimiento normativo (Figura 3).

Para implantar una metodología de este tipo en una organización hay que llevar a cabo una gestión de cambios, que afectan al conjunto de actividades y procesos que forman la gestión de los residuos (Millard et al, 2008) (Saravia, 2001) (Secretaría General Alcaldía de Bogotá, 2009).

Estos cambios suponen un ajuste entre las condiciones de partida (residuos disponibles a la entrada) y los objetivos a conseguir (González, 2009), para ello es necesario implantar la metodología secuencialmente siguiendo diferentes fases, primeramente se establece una visión de futuro del problema, planteamiento, descripción, etc., se definen responsabilidades atendiendo a la formación de las personas implicadas, posteriormente se recogen datos, se hacen estudios y análisis de operaciones y flujos de actividades, y finalmente, una vez implantada y validada esta metodología, se realizan seguimientos de la misma que den lugar a un proceso de mejora continua (Santos et al, 2008), (Cámara et al, 2005).

## 4 Resultados

La herramienta, Sistema de Indicadores Medioambientales para la Gestión de Residuos Sólidos, es el resultado de la elaboración de una metodología, flujograma, que permitirá a través de una serie de indicadores medioambientales, evaluar eficientemente la gestión de los residuos sólidos producidos en cualquier sector industrial, de manera que sea capaz de ir regenerándose en el tiempo a través del proceso de mejora continua.

## 5 Conclusiones

Actualmente la gestión de residuos es una actividad que genera, principalmente a nivel de empresas y administraciones públicas, una importante preocupación sobre todo desde el punto de vista medioambiental. Además hay que tener en cuenta que esta gestión se realiza sistemáticamente y sin la utilización de un método que optimice los recursos empleados.

La implantación de un método de este tipo, permite un aumento en la eficiencia de los procesos y un mejor cumplimiento de los requerimientos legales. Y si además, lleva incluido una revisión del sistema, siendo una herramienta dinámica con posibilidad de mejora y optimización en el tiempo.

Se puede confirmar que esta metodología:

- Permite su adaptación a cualquier sector de actividad.
- Vela por el cumplimiento de las disposiciones legales.
- Incorpora un enfoque multidisciplinar que mejora la eficiencia del conjunto.
- Integra los principales sistemas para la gestión de la información de procesos.
- Permite extrapolar los indicadores desarrollados a la gestión de cualquier residuo sea cual sea su origen.

- Representa de forma esquemática el proceso de decisión en la gestión de residuos, de forma que resulta intuitivo y de fácil comprensión.
- Dispone de un procedimiento de revisión que persigue la mejora continua.

Para que sea efectivo, este método debe de ser incorporado por empresas y administraciones como parte de sus procedimientos, y adaptarse a los procesos específicos de la entidad en la que se desea implantar, el éxito de esta metodología está garantizado siempre que además de formar adecuadamente a los empleados en el manejo de las herramientas asociadas al método, se realicen adecuadamente las revisiones y correcciones que permiten la mejora continua.

## 6 Referencias

- Andrés, A. et al (2005). Punto focal de residuos del observatorio de sostenibilidad de Cantabria (PFR). *Informe II. Aplicación de indicadores ambientales del área de residuos*. Grupo DEPRO, Desarrollo de Procesos Químicos y Control de contaminantes. Gobierno de Cantabria. Consejería de Medio Ambiente. Universidad de Cantabria. Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica.
- Australian State of the Environment Committee (2006). *Environmental indicators for reporting*. Department of the Environment and Heritage. Camberra. Obtenido Enero 25, 2010, from: <http://www.environment.gov.au/soe/2006/publications/emerging/indicators/index>.
- Cámara, L.; Berzosa, B.; Corrêa, E. (2005). *La gestión de la calidad. Guía para la adaptación del Modelo EFQM de Excelencia a entidades no lucrativas que prestan servicios de inserción sociolaboral*. Madrid: CIDEAL-Fundación Asistencia Técnica para el Desarrollo (ATD).
- Confederación Española de Empresarios de la Madera (CONFEMADERA) (2004). *Guía práctica de indicadores ambientales en el sector de la madera y el mueble*. Unión Europea. Fondo Social Europeo. Madrid: CONFEMADERA.
- Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Gobierno del Principado de Asturias (2006). *Prevención de residuos peligrosos, políticas e instrumentos desde la Administración autonómica*. Obtenida el Marzo 10, 2010 de [http://www.mma.es/secciones/agenda/pdf/principado\\_de\\_asturias.pdf](http://www.mma.es/secciones/agenda/pdf/principado_de_asturias.pdf).
- Global Reporting Initiative (2006). *Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad*. Versión 3.0. Holanda. Obtenido Febrero 5, 2010 de <http://www.globalreporting.org>.
- González, L. A. (2009). Claves para implantar con éxito una metodología de desarrollo de software. <http://www.tecsisa.com/index.igw?item=1619>.
- Hokkanen J.; Salminen P. (1997). The choice of a solid waste management System by using the electr III decisión Aid Method. Universitu of Jyvaskyla. M. Paruccini (ed). *European Journal of Operational Research* 98 19-36.
- Kiss, G. et al (2007). Obtención de información para el diagnóstico de la gestión integral de residuos sólidos urbanos. [Resumen]. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del Instituto Nacional de Ecología de México (CENICA-INE-SERMARNAT).
- Ministerio de Medio Ambiente (1996). *Indicadores Ambientales. Una propuesta para España*. Madrid: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. 1996

- Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Indicadores ambientales. Una propuesta para España*. Madrid: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medioambiente (2001) *Guía para la elaboración de la declaración medioambiental según el Reglamento (CE). Nº 761/2001 (EMAS)*. Obtenido Diciembre 28, 2009 de [http://ec.europa.eu/environment/emas/pdf/spain/environmentalstatementhandbook\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/emas/pdf/spain/environmentalstatementhandbook_es.pdf).
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009). *Metodología para la elaboración del plan de gestión integral de residuos sólidos*. República de Colombia.
- Millard D. et. al (2008). *Codesign and Codeployment Methodologies for Innovative m Learning Systems*. Obtenido el Enero 12, 2010, de University of Southampton. School of Electronics and Computer Science: <http://eprints.ecs.soton.ac.uk/17555/1/>
- Morrissey, A.; J. Browne, J. (2004). Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Management*. 24, 297-308.
- Llamas, S.; Mercante, I. (2009). *Metodología para la gestión de residuos de laboratorios. Instituto de Medio Ambiente*. Obtenido el Noviembre 24, 2009, de la Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería: <http://www.uninorte.edu.co/divisiones/Ingenierias/IDS/upload/File/Memorias%20II-SIIR/2a-Llamas-Argentina-001.pdf>.
- Recomendación de la Comisión, de 10 de julio de 2003, sobre las orientaciones para la aplicación del Reglamento (CE) nº 761/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se permite que las organizaciones se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS) en lo que respecta a la selección y el uso de indicadores del comportamiento medioambiental. DO L 184 de 23/07/2003 p. 0019 – 0032
- Reglamento (CE) nº761/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de marzo del 2001, por el que se permite que las organizaciones se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS). DO L de 24/4/2001, p.1/29
- Santos, F. et al (2008). Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales. *Revista Universia Business Review* 20. 28-41
- Saravia, M. A. (2001). *Metodología de investigación científica*. Buenos Aires. Obtenido Diciembre 21, 2009 de [http://www.ucm.es/BUCM/psi/guia\\_red\\_apa.htm](http://www.ucm.es/BUCM/psi/guia_red_apa.htm).
- Secretaría General Alcaldía de Bogotá D.C. (2009). *Presentación Metodología Gerencia De Proyectos*. Obtenido en Diciembre 10, 2009 del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Bogotá: <http://200.93.163.76/CdsBogota/Politicasydocumentospublicacion/PRESENTACIONMODOLOMETODOLOGIA.ppt>.
- Shoviak, M. J.; Chambal, S.; Thal, A. (2003). Decision Analysis Methodology to Evaluate Integrated Solid Waste Management Alternatives for a Remote Alaskan Air Station. Air Force Inst of Tech Wright-Pattersonafb OH. USA. *Environmental Modeling and Assessment* 8: 25–34.
- Sociedad Pública Gestión Ambiental del Gobierno Vasco (1999). *Guía de Indicadores Ambientales para la Empresa*. Bilbao: IHOBE, S.A.

UNE-EN ISO 14031: 2000. Gestión medioambiental. Evaluación del comportamiento medioambiental. Directrices generales. (ISO 14031:1999).

UNE-EN ISO 66175: 2003. Sistemas de gestión de calidad. Guía para la implantación de sistemas de indicadores. Octubre 2003 (ISO 66175:2003)

UNE-EN ISO 14001: 2004. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Noviembre 2004. (ISO 14001:2004)

Villavicencio, G. J.; Didonet, S. R. (2008). Eco-eficiencia en la gestión de residuos municipales en Cataluña. *Rev. Adm. UFSM, Santa María, 1, nº2, 193-208.*

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Gemma Marta Martínez Huerta

Phone: + 34 985 104272

Fax: + 34 985104256

E-mail : [gestion@api.uniovi.es](mailto:gestion@api.uniovi.es)

URL : <http://www.api.uniovi.es>