

Comparative Environmental Management System for Risks to Evaluation of Air Quality in Cuba.

Ibis Cruz Viroso, MsC¹, Luis Sorinas Gonzáles, Dr², Juan Jose Cabello Eras, Dr³.

1 Universidad de Cienfuegos. Cuba. icviroso@ucf.edu.cu 2 Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Cuba. sorinas@instec.cu 3 Universidad de la Costa. Colombia. icabello2@cuc.edu.co

Abstract: *The implementation of a comparative environmental management system for risk assessment of air quality in the city of Cienfuegos, is a useful tool to evaluation of urban air quality. In the paper a management model for environmental air quality in an industrialized city according to the new Cuban economic model. This also suits the government structures to municipal level and national environmental strategy. Management system is designed to organize the planning, emission control, monitoring immissions, communication, monitoring and control and continuous improvement. Comparative risk management is a critical axis for well results of the processes, performing data analysis, consultation and decision-making in the short, medium and long term, with the goal of improving environmental performance.*

Keywords- *Risk management, environmental management, system management, air quality.*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.351>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en Cienfuegos.

Ibis Cruz Virosa, MsC, Luis Sorinas Gonzáles, Dr, Juan Jose Cabello Eras,
Dr.

Universidad de Cienfuegos. Cuba. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Cuba.
Universidad de la Costa. Colombia.

icvirosa@ucf.edu.cu, sorinas@instec.cu, jjcabe2013@gmail.com

Resumen-La implementación de un sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cienfuegos, constituye una herramienta que permite una evaluación eficaz de la calidad del aire urbano en esa localidad. En este trabajo se presenta un modelo de gestión ambiental de la calidad del aire para una ciudad industrializada que responde al nuevo modelo económico cubano; a los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución 133, 137 y 218; este también se adecua a las estructuras de los gobiernos municipales del país y a la estrategia ambiental nacional. A partir del modelo se diseña un sistema de gestión, el cual organiza los procesos de planificación, control de emisiones, vigilancia de imisiones, comunicación, supervisión y control y mejora continua, constituyendo la gestión comparada de riesgos el eje fundamental para con los resultados de los procesos, realizar el análisis de los datos, la consulta y la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de lograr la mejora del desempeño ambiental.

Palabras claves: gestión del riesgo, gestión ambiental, sistema de gestión, calidad del aire.

I. INTRODUCCIÓN

Para alcanzar los objetivos de gestión ambiental se requiere un enfoque multisectorial que integre los aspectos políticos, económicos y científicos; este enfoque se basa en una estrategia a largo plazo y en el comportamiento sistemático de los gobiernos, las empresas y los ciudadanos, también incluye una estrategia de comunicación que garantice el acceso a todo tipo de información que ayude a actuar de manera efectiva [1].

Un referente necesario resulta Moreno cuando plantea que: la gestión ambiental urbana implica un análisis de las ciudades con un enfoque sistémico, que permita evaluar sus elementos y procesos existentes [2].

Según Pérez, autores como: Alburquerque, Díaz, Garde, Haefver, Palacios, Velasco, Castellano y Perroni, reconocen la aplicación de los modelos de gestión organizacional en la gestión gubernamental local, en función del desarrollo de las municipalidades, no obstante consideran que, persisten niveles de insatisfacción en los ciudadanos con relación a los productos y servicios recibidos de estas instituciones, otros como Garde, Guzon y Haefner plantean que existe una proyección deficiente para la conservación del medio ambiente en las localidades [3].

Dentro de la gestión ambiental urbana, otro problema representan las estructuras para el manejo de la calidad del aire, para las que existen pocos modelos, metodologías y

procedimientos, así como información en países en vías de desarrollo [4].

Un análisis realizado por la autora sobre los modelos de gestión ambiental urbana de la calidad del aire utilizados en la actualidad, concluyo que los mismos tienen diversos enfoques, así pueden clasificarse en modelos de planificación y modelos de gestión.

Los modelos de planificación generalmente toman como base, las estrategias ambientales trazadas a nivel de gobierno, los documentos legales, así como documentos normativos. La planificación se realiza desde las organizaciones regulatorias e incluyen planes, objetivos y metas, utilizando como herramientas en su ejecución; inventarios de emisiones, monitoreo, modelos matemáticos; para obtener como resultado los reportes anuales de calidad del aire en las ciudades o zonas de estudio, implementar medidas de control y acciones de mejoras Este enfoque se encuentra aplicado en cada región geográfica, aunque no es sistemático en América Latina y el Caribe [5], Asia [6] y África [7].

Los modelos de gestión, a su vez son mecanismos organizados desde los gobiernos, los cuales están comprometidos con su control y a los cuales se unen en grupos de trabajo todos los actores claves: organizaciones no gubernamentales, universidades, sector industrial y sector del transporte. Estos involucran el control de emisiones, la vigilancia de la calidad del aire y la comunicación, teniendo en cuenta la complejidad e interacción entre los elementos, así como su ordenamiento a través de un proceso sistemático y de mejora continua. Sus objetivos generales son, proporcionar un mecanismo a los tomadores de decisiones para ayudar a caracterizar patrones de contaminación del aire locales, localizar sitios representativos, para realizar el análisis de sus efectos a niveles nacionales y regionales, así como garantizar la calidad de la información y apoyar la gestión de la calidad del aire, dentro de un marco equilibrado desde el punto de vista técnico y económico. Ejemplos de modelos de gestión de la calidad del aire con estas características se implementan en Inglaterra-2010, [8], [9], Estados Unidos-2013 [10], Canadá-2010 [11], México-2009 [12], y Colombia-2009 [13].

Los dos enfoques, tienen características comunes que se pueden resumir en, el compromiso del gobierno, que son aplicados en megaciudades, que tienen financiamiento para la ejecución de las actividades y que realizan el análisis de los resultados para la toma de decisiones.

Ambos enfoques también poseen diferencias que radican fundamentalmente en las estructuras y el control, los modelos de planificación tienen estructuras por etapas y el control se enfoca fundamentalmente a la calidad de los datos y los resultados a comunicar; en cambio los modelos de gestión se estructuran por elementos y metodologías que se aplican mediante la cooperación entre los actores claves, unidos en grupos de trabajo y el control se enfoca a todas las actividades, además presentan un ciclo de mejora, aunque no orientan la misma de forma continua.

Sin embargo la mayor limitante en los modelos de gestión de la calidad del aire consultados se encuentra en que solamente consideran los riesgos a los contaminantes atmosféricos, cuando la gestión de riesgos en la actualidad se ha convertido en una herramienta clave para facilitar la toma de decisiones.

Una contribución importante para resolver esta problemática resultan los modelos de gestión, que la Organización Internacional de Normalización ISO ha desarrollado en las esferas de la calidad y el medio ambiente, en las nuevas versiones del año 2015, las cuales introducen el concepto de gestión del riesgo, desde un análisis del contexto y aplicado a toda la organización [14], [15].

Mayor aporte en este sentido representa la concepción del término gestión comparada de riesgos que surge de la combinación del método comparado (un procedimiento orientado por sobre todo a poner hipótesis a prueba) [16] y la gestión del riesgo (herramienta para gestionar cualquier tipo de riesgo de una manera sistemática, transparente y fiable, dentro de cualquier alcance y de cualquier contexto) [17].

De manera general la gestión comparada de riesgos se puede definir, como una metodología que permite comparar los riesgos internos y externos inherentes a un proceso determinado y establecer prioridades para su gestión. En este caso específico, permite a partir del análisis de causa-efecto desarrollar acciones de mejora, las que comunicadas a los decisores se convertirán en planes para controlar los objetivos y lograr una calidad del aire adecuada.

La aplicación del concepto gestión comparada de riesgos en la evaluación de la calidad del aire local se logra con la implementación de un modelo con enfoque de sistema para la gestión y basado en procesos que permite identificar, entender y gestionar las interrelaciones entre los procesos y los actores claves, lo que contribuye a la eficacia, en el logro de sus objetivos. A su vez se introduce un enfoque de mejora continua que abarca todo el sistema, con las etapas: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, según el ciclo Deming.

Otro elemento trascendente a considerar en el modelo es la aplicación de un control sistemático a todos los procesos, como plantea Juran, pero que incluya la evaluación de riesgos a los contaminantes atmosféricos evaluados y a todo el sistema de gestión [17].

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar que la implementación del sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en Cienfuegos; ayuda a la toma de decisiones y a la mejora en el desempeño ambiental en la ciudad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire implementado para la ciudad de Cienfuegos, tiene como antecedente el modelo de gestión ambiental que toma como base los modelos internacionales de gestión normalizados para: Calidad [14], Medio Ambiente [15], así como el riesgo [17] y los modelos de gestión de la calidad del aire de Inglaterra [8], [9], Estados Unidos [10], Canadá [11], México [12] y Colombia [13]. El sistema se presenta a través de un mapa de todos los procesos y sus interrelaciones, además en él se aplica el ciclo de Deming. El proceso control y supervisión sobre los riesgos abarca todo el sistema y es el centro de la gestión comparada en la evaluación de la calidad del aire en la localidad. Se realiza la evaluación de la adecuación del modelo con una aproximación del método de expertos y los resultados se representan en un diagrama radial.

III. DESARROLLO

1. Gestión ambiental urbana en Cuba.

La gestión pública en las localidades cubanas ha presentado insuficiencias, al no tenerse en cuenta todas las interrelaciones entre los planes y estrategias que existen en función del desarrollo del territorio, influido fundamentalmente por el desconocimiento de sus líderes [18].

Para mejorar la carencia de modelos, métodos y procedimientos, se realizó un estudio de la gestión de la calidad y del medio ambiente desde los órganos de gobierno local con el objetivo de lograr los niveles deseados de desarrollo a escala municipal, así se propuso un modelo de gestión integrada de la calidad y del medio ambiente en el que se entrelazan los elementos de planificación estratégica, estructuración de programas, gestión de los recursos y de seguimiento y medición para la mejora [19].

La gestión ambiental es considerada en la Estrategia Ambiental Nacional [20] y también en el programa de lucha contra la contaminación, en estos documentos se describe la problemática nacional y se hace énfasis en el carácter limitado del sistema nacional de monitoreo, el cual influye en que las evaluaciones de la calidad del aire, fundamentalmente en los principales núcleos poblacionales urbanos sean incompletas [21].

En los últimos años se ha evidenciado un ritmo de crecimiento económico, con la revitalización de gran parte de la industria y el transporte, aun así la evaluación del impacto de la contaminación atmosférica sigue realizándose por grupos de especialistas y científicos en algunas zonas específicas de interés nacional, fundamentalmente en la capital, por lo que ha mantenido poca evidencia de acciones tomadas a escala local [22].

2. Situación de la evaluación de la calidad del aire en las ciudades cubanas.

Las ciudades cubanas industrializadas han sido valoradas por el Instituto de Meteorología INSMET, en cuanto a los ICA (Índices de Calidad del Aire) establecidos en la NC 111:2004. El valor del ICA alcanza la categoría de **Crítica** ($ICA \geq 500$) para: Mariel, Nuevitás, Moa y la

categoría de **Pésima** (ICA 300-499) para las ciudades: Santiago de Cuba, Matanzas y Cienfuegos.

Aun así la contaminación atmosférica no se encuentra entre los principales problemas ambientales que el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente CITMA reconoce en el país, a nivel local [20], esto contradice la gran incidencia que tiene en las zonas urbanas, la presencia de equipos generadores de vapor instalados en hoteles, comedores y procesos industriales y fundamentalmente el tráfico rodado, para esto no existe una experiencia reconocida de control y gestión.

En resumen la situación de las ciudades industrializadas cubanas en cuanto a la evaluación de la calidad del aire es la siguiente: gestión de la calidad del aire ineficiente, falta de gestión sistémica, falta de control y vigilancia, falta de comunicación de resultados y poca información.

3. Gestión ambiental de la calidad del aire.

La solución para la implementación de la gestión de la calidad del aire en Cuba, se encuentra en oportunidades como:

- El compromiso del gobierno con la protección del medio ambiente.
- La política ambiental nacional, hasta la localidad.
- La estrategia ambiental nacional que establece objetivos específicos y metas para disminuir la contaminación atmosférica, aunque se considere un problema emergente.
- Los mecanismos para cumplir la estrategia ambiental nacional : Programa de Lucha contra la Contaminación (CIGEA), Programa de Calidad del Aire y Salud (Revitalizando el monitoreo territorial de los Centros Provinciales de Higiene y Epidemiología (CPHE), Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental, y los Proyectos GEOCIUDADES con el PNUMA.
- Están definidos los responsables de las acciones de investigación evidenciadas en este campo: Instituto de Meteorología (INMET), CUBAENERGIA, Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología (INHEM), Universidades, Centros de Investigaciones del Petróleo y todas las dependencias de estos organismos a nivel local.
- La legislación ambiental considera la evaluación y monitoreo de la calidad del aire, dotando al gobierno local de la responsabilidad a este nivel.
- Existe un modelo para la gestión integrada de la calidad y el medio ambiente, que es flexible y se ajusta a la estructura del gobierno local.
- Existe la herramienta metodológica, el libro “Gestión de la calidad del aire”, que orienta sobre las acciones a llevar a cabo en el país en cuanto a este tema.
- Se utilizan mecanismos de cooperación entre las universidades, centros de investigación y otras organizaciones portadoras de conocimiento y tecnologías.

En la ciudad de Cienfuegos se presenta una situación similar a la que existe en el país. Sin embargo cabe destacar que en 2004 fue seleccionada para desarrollar el Proyecto GEO-ciudades del PNUMA [23], cuyo objetivo fundamental era encontrar soluciones referentes a la calidad del aire, la contaminación de las aguas y el manejo de desechos. El proyecto pretendía apoyar a las ciudades en el

fortalecimiento de las capacidades de sus autoridades locales y crear estructuras que atendieran los problemas existentes, como resultado, solo en algunas zonas de interés en la ciudad, se ha establecido el monitoreo de la calidad del aire por encargo estatal.

Para la ciudad de Cienfuegos, es necesario considerar además de las oportunidades que existen en el país, otras particularidades importantes que se enuncian a continuación:

- Existe una estructura de gobierno que funciona como en otras localidades del país.
- Existen las organizaciones portadoras de conocimiento y tecnología: Delegación Provincial del CITMA, Universidad, Centro Provincial de Meteorología, Centro Provincial de Higiene Epidemiología (CPHE), Centro de Estudios Ambientales, Unidad Territorial de Normalización.
- Existe la Estrategia Ambiental Provincial.
- Están formadas las competencias de los especialistas energéticos en las entidades generadoras, no así los especialistas de medio ambiente y los tomadores de decisiones.
- Las entidades grandes generadoras de contaminantes a la atmósfera, cuentan con equipos para el monitoreo y/o ejecutan proyectos en colaboración con CUBAENERGIA.
- Existe un trabajo iniciado en 1998 para el incremento de la eficiencia térmica en calderas piro tubulares que representan un importante consumidor de recursos energéticos y de emisiones de contaminantes.
- Se cumple la planificación del mantenimiento a los equipos generadores de contaminantes atmosféricos (fuentes fijas de combustión: Calderas)
- Existen los datos de consumos de combustibles empleados en los procesos de producción.
- Existen estudios de velocidad e intensidad vehicular.
- Existe voluntad de cooperación entre las organizaciones para la ejecución de acciones de monitoreo.
- Existe una preparación en el uso de documentos normativos, legales y reglamentarios.

4. Diseño del modelo de gestión ambiental de la calidad del aire para la ciudad de Cienfuegos.

En el diseño del modelo de gestión ambiental de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas se consideraron como antecedentes los modelos de Inglaterra 2010, Estados Unidos 2013, Canadá 2010, México 2009, y Colombia 2009, además el modelo de gestión integrada de calidad y del medio ambiente en los órganos cubanos de gobierno local [19]. Este diseño responde al nuevo modelo económico cubano; a los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución 133, 137 y 218; también se adecua a las estructuras de los gobiernos municipales del país y a la estrategia ambiental nacional. Una representación esquemática se presenta en la Figura 1.

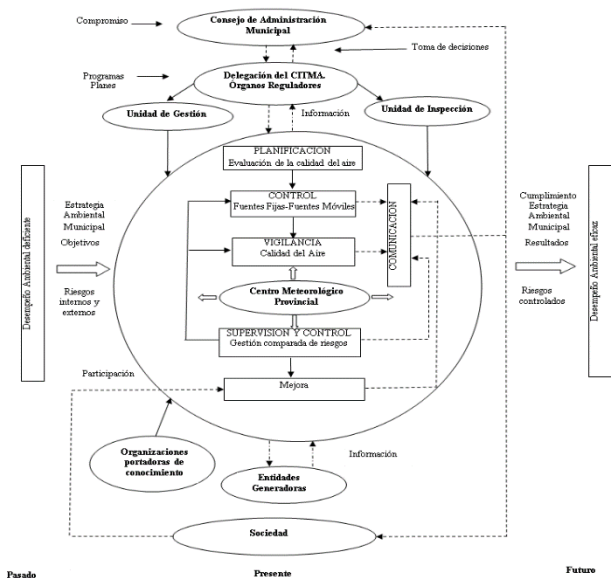


Fig. 1 Modelo de gestión de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas. Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del modelo tiene diferentes etapas que se describen a continuación:

Etapas 1 Diagnostico de la situación actual.

El diagnostico se realiza sobre la base de la metodología para diagnósticos ambientales [24]. Otras técnicas utilizadas son: encuestas y el análisis cualitativo de los resultados.

Etapas 2 Aplicación del Sistema de Gestión Comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en un ambiente local. El mapa de procesos del sistema se presenta en la Figura 2.

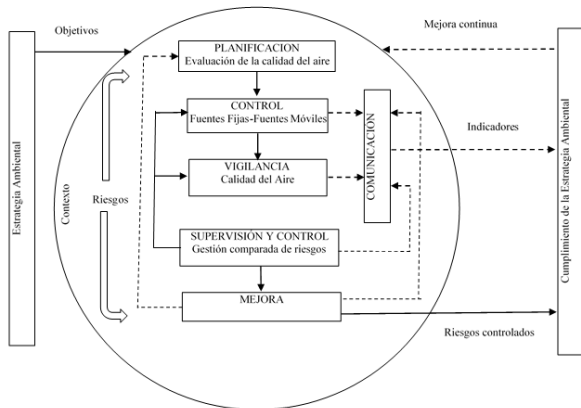


Fig. 2 Mapa de procesos. Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cienfuegos.

5. Descripción del Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cienfuegos.

El sistema de gestión comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire, para la ciudad de Cienfuegos se diseñó según la figura 2, representado por un mapa de procesos y sus interrelaciones, la descripción del funcionamiento de los procesos se realizó en forma de

diagramas de flujo y siguiendo el ciclo de Deming: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. El proceso control y supervisión sobre los riesgos abarca todo el sistema y es el centro de la gestión comparada en la evaluación de la calidad del aire en la localidad.

El sistema definió principios que se identificaron a partir del análisis de los modelos normativos internacionales ISO por el grupo de gestión, constituido por expertos evaluados para la investigación, además se consideró la aplicación del ciclo Deming para la mejora continua. Los procesos se representaron por medio del esquema entradas-salidas-recursos-controles [25].

Se definieron los límites de la investigación los cuales consideran la evaluación de la calidad del aire para el centro urbano de la ciudad de Cienfuegos, que incluye solo las fuentes fijas de combustión y las fuentes móviles que circulan por las avenidas más transitadas y los contaminantes criterios NO₂ y SO₂ derivados de las emisiones de los combustibles fuel-oil y diésel.

Para la presentación de la información se utilizaron las herramientas: modelos de recolección de datos, mapas y figuras, se aplicó el principio de pareto para establecer las exclusiones, así como la teoría de los procesos de combustión para el cálculo de las emisiones [26].

La confiabilidad de los datos está dada por el uso de varias fuentes de información que se complementan con el método de triangulación y de instrumentos de medición calibrados antes de su utilización para el monitoreo.

Se trabajó con Hojas de cálculo EXCEL para la cuantificación de emisiones y el cálculo de concentraciones de inmisiones de contaminantes para fuentes fijas y móviles; así como se utilizó el modelo de dispersión de contaminantes DISPER 2.0 adaptado a las condiciones de Cuba para establecer el estado de la calidad del aire por zonas [27].

Se utilizó el Big Map para la localización de fuentes, el Sistema de Información Geográfica Mapinfo versión 9 para identificar el inventario de fuentes por zonas y se representaron los resultados mediante indicadores [27].

El análisis de los resultados del proceso control de emisiones de fuentes fijas se realizó mediante los gráficos de control, primero las concentraciones de cada contaminante anual y luego la comparación de estas en el periodo evaluado con la línea base escogida (año 2011) [27].

Los valores de las emisiones de SO₂ y NO₂ obtenidos con el monitoreo de los años 2011-2014 se compararon con la emisión máxima admisible según (NC TS 803: 2010). Para el caso del SO₂ superan la emisión máxima admisible 3000 (mg/Nm³) todas las fuentes que utilizan Diesel. Aunque estos valores no exceden considerablemente la norma [27].

Los resultados del proceso de control de emisiones de fuentes móviles fueron: el inventario global mediante la metodología top-down, la definición de las cinco avenidas más transitadas y los nueve puntos calientes ubicados en la ciudad que se corresponden con los ocho semáforos y la ubicación de la terminal de ómnibus intermunicipal y nacional.

En el proceso de vigilancia de inmisiones se logró la modelación de la dispersión para NO₂ y SO₂ que se presentó en mapas que contienen el indicador de las zonas de riesgo

por alta concentración de cada contaminante, el análisis de los mapas demostró que para el NO₂ se superan los valores de las concentraciones máximas admisibles CMA anual ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)= 35 según la norma NC 1020: 2014, sin embargo esto no es representativo para el estudio, ya que este límite se establece para afectaciones a la salud humana y los valores altos se encuentran a alturas y dirección de la dispersión no percibidas por estos receptores, las altas concentraciones se dirigen a la Bahía [27].

Mediante el proceso de comunicación se definieron cuatro indicadores de la condición ambiental y se analizaron los efectos de los riesgos para los principales receptores afectados en el estudio, considerando las características de las fuentes de emisión y meteorológicas de la localidad [27].

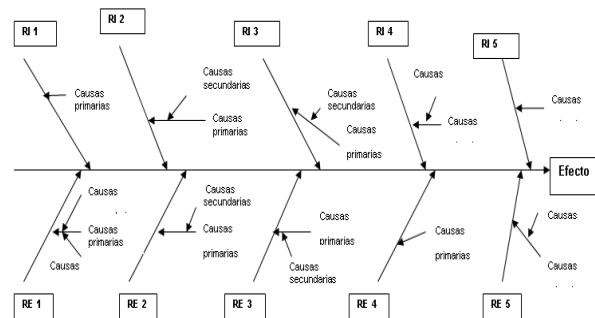
Para la gestión del riesgo se trabajó con la metodología [17] y se elaboró una matriz de identificación, análisis y evaluación de riesgos en una Hoja de cálculo EXCEL. Se utilizaron listas de chequeo para las autoevaluaciones y evaluaciones de la gestión del riesgo.

Para la comprobación de la aplicación adecuada de la gestión del riesgo, se elaboraron encuestas utilizando una aproximación al método de expertos, la confiabilidad de los datos obtenidos se evaluó aplicando el coeficiente alfa de Crombach.

Para la aplicación de la gestión comparada de los riesgos en los procesos, se utilizó una adecuación de la herramienta diagrama causa-efecto que consistió en la ubicación de los riesgos internos y externos de las actividades identificadas como objetivos de control y obtenidos con la matriz de gestión del riesgo como de alta prioridad, para ser comparados, como causas del efecto principal a minimizar del proceso, se detallan las subcausas que provocan los riesgos y se establecen las prioridades para la ejecución de las acciones de mejoras.

Un esquema de la metodología de gestión comparada del riesgo se presenta en la Figura 3.

Riesgos Internos de alta prioridad (RI)



Riesgos externos de alta prioridad (RE).

Niveles de Prioridad

Mayor prioridad
(Riesgos Internos)

Menor prioridad
(Riesgos Externos)

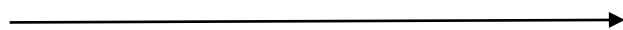


Fig. 3 Diagrama causa-efecto adecuado para la metodología de gestión comparada del riesgo.

La toma de decisiones se realizó a través de la tormenta de ideas generada por el grupo de gestión [28].

6. Resultados de la aplicación de la gestión comparada de riesgos para los procesos claves:

Para todos los procesos se consideraron como riesgos internos los inherentes a las actividades de operación y los riesgos externos se relacionaron con las actividades de gestión, de ellos en el análisis se determinó como más importantes los riesgos internos, los cuales pueden ser controlados con acciones preventivas que disminuyan las actividades de gestión y eliminen costos en acciones de mejoras.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Fijas).

El análisis interno demostró que la mayor prioridad de acción es para el estado de la tecnología que tiene más de 15 años de explotación, sin embargo los recursos económicos que le siguen en prioridad, no permiten invertir en mejorar esta. Otros riesgos considerados con prioridad, están relacionados con las actividades de mantenimiento, operaciones, inspecciones y planes de prevención, que son la clave para mejorar este proceso cuando se gestiona la eficiencia energética, menor prioridad, se concede al combustible ya que la mayoría utiliza Diesel y a la legislación existente, los recursos humanos que están capacitados, los planes de mantenimiento que se cumplen y los planes de emergencias que son de obligatorio cumplimiento.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Móviles).

El análisis interno demostró que la mayor prioridad de acción es para el parque automotor de la ciudad, la clasificación por categorías, antigüedad y eficiencia, así como el tipo de combustible y los equipos de medición, le sigue en prioridad, los mantenimientos, las inspecciones y los estudios de vialidad. Otros riesgos considerados con prioridad están relacionados con las actividades de registro de vehículos y la legislación, menor prioridad, se concede a los planes de emergencia que son un requisito de obligatorio cumplimiento.

Proceso vigilancia de inmisiones.

El análisis interno demostró que la mayor prioridad es para los tipos de contaminantes por sus efectos, le siguen en prioridad otros riesgos como, la planificación física, los sistemas de tratamiento, las inspecciones, las condiciones meteorológicas y los planes de prevención. Otro riesgo considerado con prioridad es la definición y uso de la legislación vigente que es un requisito de obligatorio cumplimiento.

Proceso Comunicación

El análisis interno demostró que la mayor prioridad es para los procedimientos, los métodos y los indicadores adecuados, le siguen en prioridad la capacitación y la toma de decisiones. Este proceso tiene como excepción la consideración de algunos riesgos externos como son: la educación y la participación de la población.

7. Toma de decisiones de acciones de mejoras basadas en la gestión comparada del riesgo en la evaluación de la calidad del aire.

Proceso de mejora

Para la toma de decisiones de acciones de mejoras y su inclusión en los planes a corto, mediano y largo plazo se tuvieron en cuenta los resultados de la gestión comparada del riesgo de mayor prioridad.

A continuación se ejemplifican las medidas tomadas para gestionar internamente los riesgos en los procesos control de emisiones y vigilancia de inmisiones según los plazos antes expuestos.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Fijas).

Acciones corto plazo:

- Obtener eficiencia energética con el incremento de la eficiencia térmica en las calderas evaluadas.
- Lograr el autocontrol de los recursos humanos en la operación de las calderas con el uso de listas de chequeo y procedimientos de forma sistemática.
- Sistematizar las actividades de mantenimiento para los generadores de vapor que cuentan con más de 15 años de explotación, realizar acciones predictivas y preventivas supervisar todas estas actividades.
- Realizar inspecciones a los generadores de vapor más rigurosas, enfocadas al logro de la eficiencia energética.
- Capacitar a los operarios en el uso de documentos normativos relacionados con las emisiones de contaminantes para lograr buenas prácticas.
- Revisar que los Planes de prevención consideren la contaminación atmosférica y los efectos que puede provocar en el mal funcionamiento de los generadores de vapor.

Acciones mediano plazo:

- Diseñar un software para el control de emisiones desde las entidades generadoras de contaminantes.
- Capacitar a los especialistas en el uso del software.

Acciones largo plazo:

- Cambiar el combustible en los equipos que mayor influencia ejercen en los riesgos de contaminación por NO₂, las fuentes fijas que utilizan fuel-oíl.
- Lograr de la eficiencia energética de las Calderas no incluidas en el estudio de las fuentes fijas de emisión de contaminantes.
- Elaborar Planes de Emergencia que establezcan acciones para la alerta tecnológica y simulacros que involucren a todos los posibles receptores.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Móviles).

Acciones corto plazo:

- Obtener eficiencia energética en los motores de combustión interna de los vehículos considerados en los inventarios de fuentes móviles.
- Sistematizar las actividades de mantenimiento de los vehículos, según la legislación vigente realizar acciones predictivas y preventivas supervisar todas estas actividades.
- Actualizar la normativa de emisiones de contaminantes atmosféricos provocados por fuentes móviles.
- Capacitar a todos los niveles en el uso de documentos normativos relacionados con emisiones de contaminantes para lograr buenas prácticas.
- Revisar que los Planes de prevención consideren la contaminación atmosférica y los efectos que puede provocar el mal funcionamiento de los vehículos que se encuentran circulando.
- Tomar acciones para disminuir los puntos calientes identificados en las avenidas más transitadas.

Acciones mediano plazo:

- Lograr el control sistemático de los vehículos en los Centros de Control de Vehículos.
- Incluir en las medidas de control de vehículos la medición de gases.
- Digitalizar la información del registro automotor.
- Restricción del flujo vehicular.

Acciones largo plazo:

- Realizar inventarios detallados de Fuentes móviles.
- Uso de combustibles reformulados.
- Elaborar Planes de Emergencia que establezcan acciones para la alerta tecnológica y simulacros que involucren a todos los posibles receptores.

Proceso vigilancia de inmisiones.

Acciones corto plazo:

- Trabajar con modelos de dispersión de la calidad del aire más modernos.
- Ampliar la cantidad de contaminantes evaluados.

Acciones mediano plazo:

- Lograr una buena planificación del uso del suelo para nuevos proyectos de industrias de producción y servicios que generen contaminantes atmosféricos, mediante estrategias de coordinación entre los organismos involucrados.
- Analizar en las zonas de riesgos identificadas, las fuentes fijas de contaminantes atmosféricos y reubicar aquellas que se encuentren en zonas habitables.
- Mantener el monitoreo sistemático de las condiciones meteorológicas.
- Uso de sistemas de tratamiento (depuradores, filtros, etc) eficientes.
- Elaborar planes de prevención que incluyan la alerta ante condiciones climáticas desfavorables.

Acciones largo plazo:

- Establecer un sistema de monitoreo de inmisiones en las zonas de riesgo y en los puntos calientes de la ciudad.
- Comprobar sistemáticamente el cumplimiento de la legislación vigente.
- Mejorar la base de datos necesaria para la evaluación de la calidad del aire.
- Evaluar el efecto de los contaminantes considerados en el estudio para los diferentes receptores (humanos, flora, fauna, materiales).

8. Evaluación del modelo de la gestión de la calidad del aire.

Eta 3 Evaluación del modelo de gestión de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas.

Para la revisión y verificación del modelo se aplicaron encuesta a especialistas de entidades y del organismo rector de la actividad sobre la adecuación del modelo a las necesidades, utilizando el criterio de expertos con el método Delphi y validando la confiabilidad de los resultados por el coeficiente alfa de Crombach.

Además se aplicaron encuestas a especialistas de gestión para la comprobación de las metodologías de los procesos, utilizando el criterio de expertos con el método Delphi.

Con el objetivo de evaluar la aplicación del modelo, se definieron tres momentos de acción: PASADO, antes de la aplicación, PRESENTE, ejecución del modelo, FUTURO, predicción de escenarios. Mediante la herramienta tormenta de ideas se identificaron y establecieron indicadores. Además se aplicaron encuestas a los actores claves incluidos en el modelo, fundamentalmente se trabajó en la percepción de la comunidad mediante la aplicación de encuestas a grupos vulnerables. Los resultados se presentan en diagramas radiales.

Las categorías de Indicadores para la evaluación de la gestión de la calidad del aire y el desempeño ambiental, se definieron a partir del trabajo en grupos y la aplicación de la herramienta estadística tormenta de ideas. Los indicadores definidos son los siguientes:

1. Existencia de la Estrategia Ambiental Municipal.
2. Compromiso del gobierno.
3. Definición y cumplimiento de objetivos de gestión de la calidad del aire.
4. Identificación y cumplimiento de requisitos legales.
5. Gestión de la información.
6. Gestión de los recursos.
7. Cooperación.
8. Capacitación.
9. Identificación y gestión de los procesos claves para evaluar la calidad del aire.
10. Evaluación de riesgos.
11. Preparación y respuesta ante emergencias.
12. Comunicación.
13. Participación.
14. Planes de acciones de mejoras.

Se establecieron 5 niveles para determinar el valor a asignar a cada indicador, los cuales se describen a continuación:

Nivel 1: Solo se realizan acciones aisladas en función del control de la contaminación atmosférica. No existe una gestión sistemática de la calidad del aire.

Nivel 2: Se realizan acciones no sistemáticas encaminadas al manejo de la calidad del aire.

Nivel 3: Se realizan acciones sistemáticas en función de la gestión de la calidad del aire. Se presentan planes de mejoras.

Nivel 4: Se realizan acciones sistemáticas basadas en la gestión del riesgo en la evaluación de la calidad del aire por zonas de estudio. Se presentan planes de mejoras.

Nivel 5: Se realizan acciones predictivas enfocadas en la gestión de riesgos potenciales en la evaluación de la calidad del aire en toda la localidad.

Para la evaluación de la aplicación del modelo, se utilizaron los 14 indicadores definidos. La etapa PRESENTE de aplicación del modelo, corresponde con la ejecución del Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire urbano en la ciudad de Cienfuegos que se realizó en el periodo 2011-2014.

Los resultados de la evaluación por los expertos se presentan en el diagrama radial de la Figura 4.

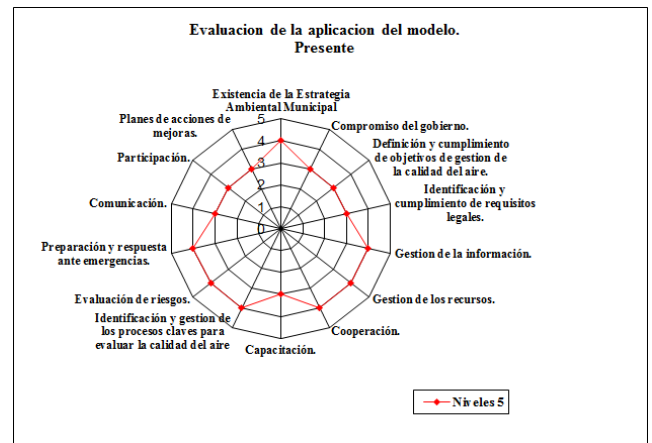


Fig. 4 Diagrama radial. Evaluación de la aplicación del modelo. PRESENTE.

Con la aplicación del modelo se aprecia una mejora en el desempeño ambiental, específicamente en la gestión de la calidad del aire, del total de indicadores para la evaluación del modelo, el 50 % representados por los indicadores: 1, 5, 6, 7, 9, 10 y 11 se encuentran en el nivel 4: se realizan acciones sistemáticas basadas en la gestión del riesgo en la evaluación de la calidad del aire por zonas de estudio. Se presentan planes de mejoras. Mientras que el otro 50 % que representan los indicadores: 2, 3, 4, 8, 12, 13 y 14 se encuentran en el nivel 3: realizan acciones sistemáticas en función de la gestión de la calidad del aire, pero aún no existe la conciencia necesaria para lograr las mejoras propuestas, el cumplimiento de los objetivos y requisitos legales aplicables, se debe profundizar en la capacitación, en las acciones de comunicación y en la participación de todos los actores claves.

El FUTURO considera un escenario donde se minimizan las inmisiones y la gestión de la calidad del aire es eficaz, un nivel 5 donde se realizan acciones enfocadas en la gestión de riesgos potenciales en la evaluación de la

calidad del aire en toda la gestión, con la aplicación de las siguientes acciones de mejoras:

1. Mejoras en el sistema de gestión actual con la ampliación del alcance del mismo, considerar grandes fuentes de emisión de contaminantes.
2. Ampliar la cantidad de contaminantes medidos.
3. Obtener la tecnología necesaria para que las entidades regulatorias realicen la medición de emisiones e inmisiones de contaminantes atmosféricos en todas las zonas identificadas de la ciudad.
4. Lograr la disminución de las emisiones e inmisiones de las fuentes fijas que utilizan combustible fuel-oil.

IV. CONCLUSIONES

1. El modelo de gestión de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas, constituye una herramienta innovadora que incluye la interacción de los procesos involucrados en el sistema para la evaluación de la calidad del aire con sus actores claves.
2. El sistema de gestión ambiental comparado de riesgos en la evaluación de la calidad del aire, aplicado en una localidad cubana constituye una nueva forma de establecer el control y supervisión de los procesos involucrados, la metodología de gestión comparada de riesgos, permite establecer prioridades y plazos en la toma de decisiones.
3. La implementación del sistema de gestión ambiental comparado de riesgos en la evaluación de la calidad del aire y las acciones a corto, mediano y largo plazo permiten la mejora en el desempeño ambiental y en la gestión de la calidad del aire urbano en la ciudad de Cienfuegos.

Agradecemos el apoyo del VLIR UOS a través del proyecto TEAM ZEIN2015PR402.

V. REFERENCIAS

- [1]. Seoáñez Calvo, M. "Tratado de la contaminación atmosférica". Colección Ingeniería del Medio Ambiente. Problemas, tratamiento y gestión. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona y México. Impreso en España. Depósito legal: M.7.811.2002. ISBN: 84-8476-035-9. 111 pág, 2002.
- [2]. Moreno Sánchez, Marcela. "La Gestión Ambiental Urbana. El caso de la Contaminación Atmosférica en Bogotá". Revista EAN No 62, pp 29-38, Colombia, enero-abril 2008.
- [3]. Pérez García, Waldo. "Modelo de gestión integrada de la calidad y el medio ambiente aplicable a los órganos cubanos de gobierno local".

Revista Avanzada Científica, Mayo-Agosto vol. 16 No 2 Año 2013. IDICT. ISSN 1029-3450. RNPS 1843. Ciget-Matanzas, 2013.

- [4]. Granada Aguirre L. F. "Procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali-Colombia". Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. La Habana, 2010.
- [5]. CEPAL. Korc Marcelo. "Calidad del Aire y su impacto en la salud en América Latina y el Caribe". CEPAL-SERIE Seminarios y conferencias No 9, 2001. Disponible en: <http://www.lcll548e-1.pdf>. [Consulta: 2014-4-8].
- [6]. APMA. "Air Pollution in the Megacities of Asia Proyect". Becchmarking Urban Air Quality. Management and Practice in Mayor and Megacities of Asia. Stage 1. Korea Environment Institute. December 2002. Seoul. Republic of Korea, 129p. ISBN 89-8464-032-893530, 129 pág. Disponible en: <http://www.asiaairnet.org> [Consulta: 2012-10-19].
- [7]. Naikera Y, Diab R.D, Zunckel M, Hayes E.T. "Introduction of local Air Quality Management in South Africa: overview and challenges". environmental science and policy, 2012 pp 162 – 171. Disponible en: <http://www.1-s2.0-S1462901111001808-main-pdf> doi:10.1016/j.envsci.2011.11.009.
- [8]. Beattie, C.I; Longhurst, J.W.S; Wood N.K. "Air quality management: evolution of policy and practice in the UK as exemplified by the experience of English local government". Atmospheric Environment Vol. 35, 2001; pp 1479-1490. Disponible en: <http://1-s2.0-5135223100003113.main.pdf>.
- [9]. Longhurst, J.W.S; Beattie C.I; Chatterton T.J; Hayes E.T. "Local air quality management as a risk management process: Assessing managing and remediating the risk of exceeding an air quality objective in Great Britain". Environment International 32 (2006) pp 934–947. Disponible en: <http://www.doi:10.1016/j.envint.2006.06.006>. [consulta: 2014]. DOI:10.1016/j.envint.2006.06.006.
- [10]. EPA. QA. "Handbook for Air Pollution Measurement Systems.

- Volume II. Ambient Air Quality Monitoring Program". U.S. Environmental Protection Agency. Office of Air Quality Planning and Standards. Air Quality Assessment Division. RTP, NC 27711 (2013). [en línea]. Disponible en: <http://www.QA-Handbook-Vol-II.PDF>. [consulta: 2014]. EPA-454/B-13-003.
- [11]. Comprehensive Air Management System (CAMS): A propose Framework to Improve Air Quality Management. Abril, 2010. Canadá. 94 p. Consulta: 2012-10-20. Disponible en: www.ccme.ca/ourwork
- [12]. Barrios Castrejon, Ramiro. "Gestión de la Calidad del Aire México". SEMARNAT. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. 10 Agosto 2009, 30p. Disponible en: <http://www.semarnat.gov.mx/gestioambiental/calidaddelaire/Pages/inicio.aspx>. Consulta: 2012-9-14.
- [13]. Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2009) «Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. "Manual para la elaboración de planes de Gestión de la Calidad del Aire". PDF, Bogotá D. C Colombia, 44p. ISBN 4166 051009. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co>. [consulta: 2012-9-14].
- [14]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Sistema de Gestión de la Calidad-Requisitos". NC ISO 9001, La Habana: ONN, 2015, 46 p.
- [15]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Sistemas de Gestión Ambiental – Requisitos con orientación para su uso". NC ISO 14001, La Habana: ONN, 2015. 50 p.
- [16]. Pérez Liñan, Anibal (2007). "El método comparativo: Fundamentos y Desarrollos Recientes". Universidad de Pittsburgh. (Versión 1.2. nov de 2007). 36 pág. Disponible en: <http://www.2007fundamentos.pdf>. [consulta: 2014-4-8].
- [17]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Gestión del Riesgo". NC ISO 31000, La Habana: ONN, 2015, 30p.
- [18]. Lazo Vento, Carlos. "Modelo de dirección del desarrollo local (MDDL) con enfoque estratégico, experiencia en Pinar del Río". Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Facultad de Ingeniería Industrial. Centro de Estudios de Técnicas de Dirección, pp 181, 2002.
- [19]. Pérez García, Waldo. "Modelo de gestión integrada de la calidad y el medio ambiente aplicable a los órganos cubanos de gobierno local". Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Centro de Gestión de Ciencia e Innovación, La Habana, pp 174, 2013.
- [20]. CUBA, MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. "Estrategia Ambiental Nacional", Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria, La Habana, 2011.
- [21]. CUBA. MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. Programa Nacional de Lucha contra la Contaminación del Medio Ambiente para el período 2009-2015, Gaceta Oficial de la República de Cuba, Año CVIII, No 1, La Habana, 2010.
- [22]. López Cabrera C. M. "Introducción a la Gestión de la calidad del aire, Instituto de Meteorología, Centro de química y contaminación atmosférica". DESOFT. Ciudad de la Habana. Cuba. ISBN: 978-959-282-049-4. 703 p, 2007.
- [23]. PNUMA-CITMA, Proyecto Agenda 21. "Perspectivas del Medio Ambiente Urbano. GEO Cienfuegos". Editorial Academia, ISBN 978-959-270-109-0. La Habana, Cuba. 2008.
- [24]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Sistemas de gestión ambiental-Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo" NC ISO14004: 2004. La Habana: ONN, 2004, 41p.
- [25]. Cruz Viroso, I, Luzardo Martínez, F. "La gestión de la calidad del aire: Una mirada a sus procesos en Cuba". Revista Normalización. vol 2. ISSN: 0138-8118, 2010.
- [26]. Borroto Nordelo, Aníbal; Rubio González, Ángel. "Combustión y Generación de Vapor", Maestría en Eficiencia Energética, Universidad de Cienfuegos, Ministerio de Educación Superior, Editorial UNIVERSO SUR, 2007.

[27]. Cruz Viroso, I, Cabello Eras, JJ, Sorinas González, L. "Evaluación de la calidad del aire en Cienfuegos. Mejoras en el desempeño ambiental".CUBASOLAR. Revista Científica de las Fuentes Renovables de Energía. Número 52, abril-junio. ISSN: 1028-6004. RNPS: 2220, 2015. Disponible en:

<http://www.cubasolar.cu>
[28]. Cruz Viroso, I, Sorinas González, L, Cabello Eras, JJ. "Gestión comparada del riesgo en el control de la contaminación atmosférica de Generadores de Vapor. Revista Ingeniería Energética ISSN 1815-5901 RNPS 1958. (no publicado)

Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en Cienfuegos.

Ibis Cruz Viroso, MsC, Luis Sorinas Gonzáles, Dr, Juan Jose Cabello Eras,
Dr.

Universidad de Cienfuegos. Cuba. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Cuba.
Universidad de la Costa. Colombia.

icviroso@ucf.edu.cu, sorinas@instec.cu, jjcabe2013@gmail.com

Resumen-La implementación de un sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cienfuegos, constituye una herramienta que permite una evaluación eficaz de la calidad del aire urbano en esa localidad. En este trabajo se presenta un modelo de gestión ambiental de la calidad del aire para una ciudad industrializada que responde al nuevo modelo económico cubano; a los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución 133, 137 y 218; este también se adecua a las estructuras de los gobiernos municipales del país y a la estrategia ambiental nacional. A partir del modelo se diseña un sistema de gestión, el cual organiza los procesos de planificación, control de emisiones, vigilancia de imisiones, comunicación, supervisión y control y mejora continua, constituyendo la gestión comparada de riesgos el eje fundamental para con los resultados de los procesos, realizar el análisis de los datos, la consulta y la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de lograr la mejora del desempeño ambiental.

Palabras claves: gestión del riesgo, gestión ambiental, sistema de gestión, calidad del aire.

I. INTRODUCCIÓN

Para alcanzar los objetivos de gestión ambiental se requiere un enfoque multisectorial que integre los aspectos políticos, económicos y científicos; este enfoque se basa en una estrategia a largo plazo y en el comportamiento sistemático de los gobiernos, las empresas y los ciudadanos, también incluye una estrategia de comunicación que garantice el acceso a todo tipo de información que ayude a actuar de manera efectiva [1].

Un referente necesario resulta Moreno cuando plantea que: la gestión ambiental urbana implica un análisis de las ciudades con un enfoque sistémico, que permita evaluar sus elementos y procesos existentes [2].

Según Pérez, autores como: Alburquerque, Díaz, Garde, Haefver, Palacios, Velasco, Castellano y Perroni, reconocen la aplicación de los modelos de gestión organizacional en la gestión gubernamental local, en función del desarrollo de las municipalidades, no obstante consideran que, persisten niveles de insatisfacción en los ciudadanos con relación a los productos y servicios recibidos de estas instituciones, otros como Garde, Guzon y Haefner plantean que existe una proyección deficiente para la conservación del medio ambiente en las localidades [3].

Dentro de la gestión ambiental urbana, otro problema representan las estructuras para el manejo de la calidad del aire, para las que existen pocos modelos, metodologías y

procedimientos, así como información en países en vías de desarrollo [4].

Un análisis realizado por la autora sobre los modelos de gestión ambiental urbana de la calidad del aire utilizados en la actualidad, concluyo que los mismos tienen diversos enfoques, así pueden clasificarse en modelos de planificación y modelos de gestión.

Los modelos de planificación generalmente toman como base, las estrategias ambientales trazadas a nivel de gobierno, los documentos legales, así como documentos normativos. La planificación se realiza desde las organizaciones regulatorias e incluyen planes, objetivos y metas, utilizando como herramientas en su ejecución; inventarios de emisiones, monitoreo, modelos matemáticos; para obtener como resultado los reportes anuales de calidad del aire en las ciudades o zonas de estudio, implementar medidas de control y acciones de mejoras Este enfoque se encuentra aplicado en cada región geográfica, aunque no es sistemático en América Latina y el Caribe [5], Asia [6] y África [7].

Los modelos de gestión, a su vez son mecanismos organizados desde los gobiernos, los cuales están comprometidos con su control y a los cuales se unen en grupos de trabajo todos los actores claves: organizaciones no gubernamentales, universidades, sector industrial y sector del transporte. Estos involucran el control de emisiones, la vigilancia de la calidad del aire y la comunicación, teniendo en cuenta la complejidad e interacción entre los elementos, así como su ordenamiento a través de un proceso sistemático y de mejora continua. Sus objetivos generales son, proporcionar un mecanismo a los tomadores de decisiones para ayudar a caracterizar patrones de contaminación del aire locales, localizar sitios representativos, para realizar el análisis de sus efectos a niveles nacionales y regionales, así como garantizar la calidad de la información y apoyar la gestión de la calidad del aire, dentro de un marco equilibrado desde el punto de vista técnico y económico. Ejemplos de modelos de gestión de la calidad del aire con estas características se implementan en Inglaterra-2010, [8], [9], Estados Unidos-2013 [10], Canadá-2010 [11], México-2009 [12], y Colombia-2009 [13].

Los dos enfoques, tienen características comunes que se pueden resumir en, el compromiso del gobierno, que son aplicados en megaciudades, que tienen financiamiento para la ejecución de las actividades y que realizan el análisis de los resultados para la toma de decisiones.

Ambos enfoques también poseen diferencias que radican fundamentalmente en las estructuras y el control, los modelos de planificación tienen estructuras por etapas y el control se enfoca fundamentalmente a la calidad de los datos y los resultados a comunicar; en cambio los modelos de gestión se estructuran por elementos y metodologías que se aplican mediante la cooperación entre los actores claves, unidos en grupos de trabajo y el control se enfoca a todas las actividades, además presentan un ciclo de mejora, aunque no orientan la misma de forma continua.

Sin embargo la mayor limitante en los modelos de gestión de la calidad del aire consultados se encuentra en que solamente consideran los riesgos a los contaminantes atmosféricos, cuando la gestión de riesgos en la actualidad se ha convertido en una herramienta clave para facilitar la toma de decisiones.

Una contribución importante para resolver esta problemática resultan los modelos de gestión, que la Organización Internacional de Normalización ISO ha desarrollado en las esferas de la calidad y el medio ambiente, en las nuevas versiones del año 2015, las cuales introducen el concepto de gestión del riesgo, desde un análisis del contexto y aplicado a toda la organización [14], [15].

Mayor aporte en este sentido representa la concepción del término gestión comparada de riesgos que surge de la combinación del método comparado (un procedimiento orientado por sobre todo a poner hipótesis a prueba) [16] y la gestión del riesgo (herramienta para gestionar cualquier tipo de riesgo de una manera sistemática, transparente y fiable, dentro de cualquier alcance y de cualquier contexto) [17].

De manera general la gestión comparada de riesgos se puede definir, como una metodología que permite comparar los riesgos internos y externos inherentes a un proceso determinado y establecer prioridades para su gestión. En este caso específico, permite a partir del análisis de causa-efecto desarrollar acciones de mejora, las que comunicadas a los decisores se convertirán en planes para controlar los objetivos y lograr una calidad del aire adecuada.

La aplicación del concepto gestión comparada de riesgos en la evaluación de la calidad del aire local se logra con la implementación de un modelo con enfoque de sistema para la gestión y basado en procesos que permite identificar, entender y gestionar las interrelaciones entre los procesos y los actores claves, lo que contribuye a la eficacia, en el logro de sus objetivos. A su vez se introduce un enfoque de mejora continua que abarca todo el sistema, con las etapas: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, según el ciclo Deming.

Otro elemento trascendente a considerar en el modelo es la aplicación de un control sistemático a todos los procesos, como plantea Juran, pero que incluya la evaluación de riesgos a los contaminantes atmosféricos evaluados y a todo el sistema de gestión [17].

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar que la implementación del sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en Cienfuegos; ayuda a la toma de decisiones y a la mejora en el desempeño ambiental en la ciudad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire implementado para la ciudad de Cienfuegos, tiene como antecedente el modelo de gestión ambiental que toma como base los modelos internacionales de gestión normalizados para: Calidad [14], Medio Ambiente [15], así como el riesgo [17] y los modelos de gestión de la calidad del aire de Inglaterra [8], [9], Estados Unidos [10], Canadá [11], México [12] y Colombia [13]. El sistema se presenta a través de un mapa de todos los procesos y sus interrelaciones, además en él se aplica el ciclo de Deming. El proceso control y supervisión sobre los riesgos abarca todo el sistema y es el centro de la gestión comparada en la evaluación de la calidad del aire en la localidad. Se realiza la evaluación de la adecuación del modelo con una aproximación del método de expertos y los resultados se representan en un diagrama radial.

III. DESARROLLO

1. Gestión ambiental urbana en Cuba.

La gestión pública en las localidades cubanas ha presentado insuficiencias, al no tenerse en cuenta todas las interrelaciones entre los planes y estrategias que existen en función del desarrollo del territorio, influido fundamentalmente por el desconocimiento de sus líderes [18].

Para mejorar la carencia de modelos, métodos y procedimientos, se realizó un estudio de la gestión de la calidad y del medio ambiente desde los órganos de gobierno local con el objetivo de lograr los niveles deseados de desarrollo a escala municipal, así se propuso un modelo de gestión integrada de la calidad y del medio ambiente en el que se entrelazan los elementos de planificación estratégica, estructuración de programas, gestión de los recursos y de seguimiento y medición para la mejora [19].

La gestión ambiental es considerada en la Estrategia Ambiental Nacional [20] y también en el programa de lucha contra la contaminación, en estos documentos se describe la problemática nacional y se hace énfasis en el carácter limitado del sistema nacional de monitoreo, el cual influye en que las evaluaciones de la calidad del aire, fundamentalmente en los principales núcleos poblacionales urbanos sean incompletas [21].

En los últimos años se ha evidenciado un ritmo de crecimiento económico, con la revitalización de gran parte de la industria y el transporte, aun así la evaluación del impacto de la contaminación atmosférica sigue realizándose por grupos de especialistas y científicos en algunas zonas específicas de interés nacional, fundamentalmente en la capital, por lo que ha mantenido poca evidencia de acciones tomadas a escala local [22].

2. Situación de la evaluación de la calidad del aire en las ciudades cubanas.

Las ciudades cubanas industrializadas han sido valoradas por el Instituto de Meteorología INSMET, en cuanto a los ICA (Índices de Calidad del Aire) establecidos en la NC 111:2004. El valor del ICA alcanza la categoría de **Crítica** ($ICA \geq 500$) para: Mariel, Nuevitás, Moa y la

categoría de **Pésima** (ICA 300-499) para las ciudades: Santiago de Cuba, Matanzas y Cienfuegos.

Aun así la contaminación atmosférica no se encuentra entre los principales problemas ambientales que el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente CITMA reconoce en el país, a nivel local [20], esto contradice la gran incidencia que tiene en las zonas urbanas, la presencia de equipos generadores de vapor instalados en hoteles, comedores y procesos industriales y fundamentalmente el tráfico rodado, para esto no existe una experiencia reconocida de control y gestión.

En resumen la situación de las ciudades industrializadas cubanas en cuanto a la evaluación de la calidad del aire es la siguiente: gestión de la calidad del aire ineficiente, falta de gestión sistémica, falta de control y vigilancia, falta de comunicación de resultados y poca información.

3. Gestión ambiental de la calidad del aire.

La solución para la implementación de la gestión de la calidad del aire en Cuba, se encuentra en oportunidades como:

- El compromiso del gobierno con la protección del medio ambiente.
- La política ambiental nacional, hasta la localidad.
- La estrategia ambiental nacional que establece objetivos específicos y metas para disminuir la contaminación atmosférica, aunque se considere un problema emergente.
- Los mecanismos para cumplir la estrategia ambiental nacional : Programa de Lucha contra la Contaminación (CIGEA), Programa de Calidad del Aire y Salud (Revitalizando el monitoreo territorial de los Centros Provinciales de Higiene y Epidemiología (CPHE), Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental, y los Proyectos GEOCIUDADES con el PNUMA.
- Están definidos los responsables de las acciones de investigación evidenciadas en este campo: Instituto de Meteorología (INMET), CUBAENERGIA, Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología (INHEM), Universidades, Centros de Investigaciones del Petróleo y todas las dependencias de estos organismos a nivel local.
- La legislación ambiental considera la evaluación y monitoreo de la calidad del aire, dotando al gobierno local de la responsabilidad a este nivel.
- Existe un modelo para la gestión integrada de la calidad y el medio ambiente, que es flexible y se ajusta a la estructura del gobierno local.
- Existe la herramienta metodológica, el libro “Gestión de la calidad del aire”, que orienta sobre las acciones a llevar a cabo en el país en cuanto a este tema.
- Se utilizan mecanismos de cooperación entre las universidades, centros de investigación y otras organizaciones portadoras de conocimiento y tecnologías.

En la ciudad de Cienfuegos se presenta una situación similar a la que existe en el país. Sin embargo cabe destacar que en 2004 fue seleccionada para desarrollar el Proyecto GEO-ciudades del PNUMA [23], cuyo objetivo fundamental era encontrar soluciones referentes a la calidad del aire, la contaminación de las aguas y el manejo de desechos. El proyecto pretendía apoyar a las ciudades en el

fortalecimiento de las capacidades de sus autoridades locales y crear estructuras que atendieran los problemas existentes, como resultado, solo en algunas zonas de interés en la ciudad, se ha establecido el monitoreo de la calidad del aire por encargo estatal.

Para la ciudad de Cienfuegos, es necesario considerar además de las oportunidades que existen en el país, otras particularidades importantes que se enuncian a continuación:

- Existe una estructura de gobierno que funciona como en otras localidades del país.
- Existen las organizaciones portadoras de conocimiento y tecnología: Delegación Provincial del CITMA, Universidad, Centro Provincial de Meteorología, Centro Provincial de Higiene Epidemiología (CPHE), Centro de Estudios Ambientales, Unidad Territorial de Normalización.
- Existe la Estrategia Ambiental Provincial.
- Están formadas las competencias de los especialistas energéticos en las entidades generadoras, no así los especialistas de medio ambiente y los tomadores de decisiones.
- Las entidades grandes generadoras de contaminantes a la atmósfera, cuentan con equipos para el monitoreo y/o ejecutan proyectos en colaboración con CUBAENERGIA.
- Existe un trabajo iniciado en 1998 para el incremento de la eficiencia térmica en calderas piro tubulares que representan un importante consumidor de recursos energéticos y de emisiones de contaminantes.
- Se cumple la planificación del mantenimiento a los equipos generadores de contaminantes atmosféricos (fuentes fijas de combustión: Calderas)
- Existen los datos de consumos de combustibles empleados en los procesos de producción.
- Existen estudios de velocidad e intensidad vehicular.
- Existe voluntad de cooperación entre las organizaciones para la ejecución de acciones de monitoreo.
- Existe una preparación en el uso de documentos normativos, legales y reglamentarios.

4. Diseño del modelo de gestión ambiental de la calidad del aire para la ciudad de Cienfuegos.

En el diseño del modelo de gestión ambiental de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas se consideraron como antecedentes los modelos de Inglaterra 2010, Estados Unidos 2013, Canadá 2010, México 2009, y Colombia 2009, además el modelo de gestión integrada de calidad y del medio ambiente en los órganos cubanos de gobierno local [19]. Este diseño responde al nuevo modelo económico cubano; a los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución 133, 137 y 218; también se adecua a las estructuras de los gobiernos municipales del país y a la estrategia ambiental nacional. Una representación esquemática se presenta en la Figura 1.

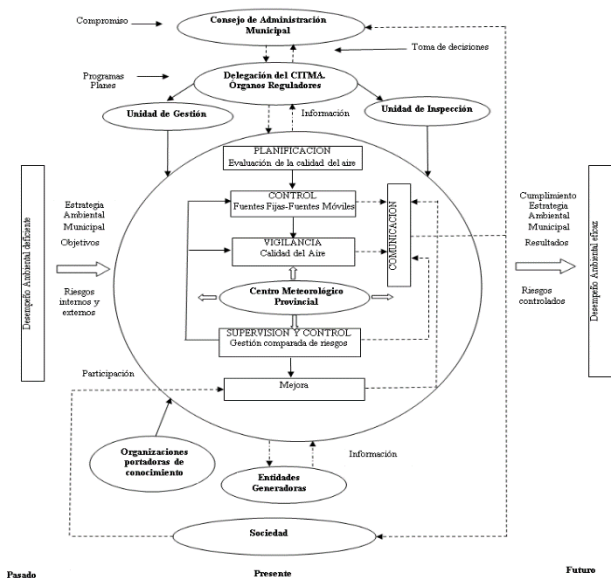


Fig. 1 Modelo de gestión de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas. Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del modelo tiene diferentes etapas que se describen a continuación:

Etapas

Etapas 1 Diagnostico de la situación actual. El diagnostico se realiza sobre la base de la metodología para diagnósticos ambientales [24]. Otras técnicas utilizadas son: encuestas y el análisis cualitativo de los resultados.

Etapas 2 Aplicación del Sistema de Gestión Comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en un ambiente local. El mapa de procesos del sistema se presenta en la Figura 2.

diagramas de flujo y siguiendo el ciclo de Deming: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. El proceso control y supervisión sobre los riesgos abarca todo el sistema y es el centro de la gestión comparada en la evaluación de la calidad del aire en la localidad.

El sistema definió principios que se identificaron a partir del análisis de los modelos normativos internacionales ISO por el grupo de gestión, constituido por expertos evaluados para la investigación, además se consideró la aplicación del ciclo Deming para la mejora continua. Los procesos se representaron por medio del esquema entradas-salidas-recursos-controles [25].

Se definieron los límites de la investigación los cuales consideran la evaluación de la calidad del aire para el centro urbano de la ciudad de Cienfuegos, que incluye solo las fuentes fijas de combustión y las fuentes móviles que circulan por las avenidas más transitadas y los contaminantes criterios NO₂ y SO₂ derivados de las emisiones de los combustibles fuel-oil y diésel.

Para la presentación de la información se utilizaron las herramientas: modelos de recolección de datos, mapas y figuras, se aplicó el principio de pareto para establecer las exclusiones, así como la teoría de los procesos de combustión para el cálculo de las emisiones [26].

La confiabilidad de los datos está dada por el uso de varias fuentes de información que se complementan con el método de triangulación y de instrumentos de medición calibrados antes de su utilización para el monitoreo.

Se trabajó con Hojas de cálculo EXCEL para la cuantificación de emisiones y el cálculo de concentraciones de inmisiones de contaminantes para fuentes fijas y móviles; así como se utilizó el modelo de dispersión de contaminantes DISPER 2.0 adaptado a las condiciones de Cuba para establecer el estado de la calidad del aire por zonas [27].

Se utilizó el Big Map para la localización de fuentes, el Sistema de Información Geográfica Mapinfo versión 9 para identificar el inventario de fuentes por zonas y se representaron los resultados mediante indicadores [27].

El análisis de los resultados del proceso control de emisiones de fuentes fijas se realizó mediante los gráficos de control, primero las concentraciones de cada contaminante anual y luego la comparación de estas en el periodo evaluado con la línea base escogida (año 2011) [27].

Los valores de las emisiones de SO₂ y NO₂ obtenidos con el monitoreo de los años 2011-2014 se compararon con la emisión máxima admisible según (NC TS 803: 2010). Para el caso del SO₂ superan la emisión máxima admisible 3000 (mg/Nm³) todas las fuentes que utilizan Diesel. Aunque estos valores no exceden considerablemente la norma [27].

Los resultados del proceso de control de emisiones de fuentes móviles fueron: el inventario global mediante la metodología top-down, la definición de las cinco avenidas más transitadas y los nueve puntos calientes ubicados en la ciudad que se corresponden con los ocho semáforos y la ubicación de la terminal de ómnibus intermunicipal y nacional.

En el proceso de vigilancia de inmisiones se logró la modelación de la dispersión para NO₂ y SO₂ que se presentó en mapas que contienen el indicador de las zonas de riesgo

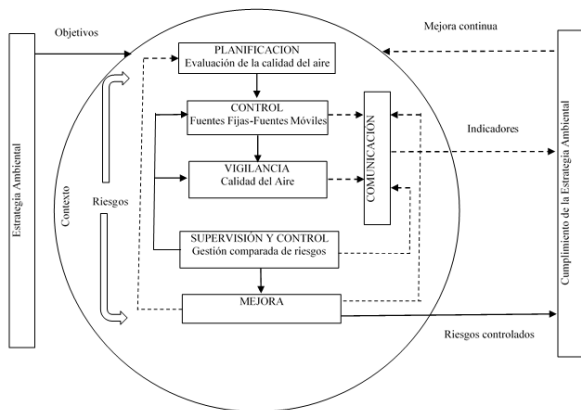


Fig. 2 Mapa de procesos. Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cienfuegos.

5. Descripción del Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Cienfuegos.

El sistema de gestión comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire, para la ciudad de Cienfuegos se diseñó según la figura 2, representado por un mapa de procesos y sus interrelaciones, la descripción del funcionamiento de los procesos se realizó en forma de

por alta concentración de cada contaminante, el análisis de los mapas demostró que para el NO₂ se superan los valores de las concentraciones máximas admisibles CMA anual ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)= 35 según la norma NC 1020: 2014, sin embargo esto no es representativo para el estudio, ya que este límite se establece para afectaciones a la salud humana y los valores altos se encuentran a alturas y dirección de la dispersión no percibidas por estos receptores, las altas concentraciones se dirigen a la Bahía [27].

Mediante el proceso de comunicación se definieron cuatro indicadores de la condición ambiental y se analizaron los efectos de los riesgos para los principales receptores afectados en el estudio, considerando las características de las fuentes de emisión y meteorológicas de la localidad [27].

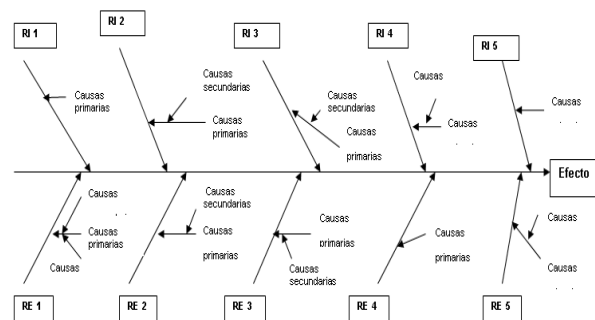
Para la gestión del riesgo se trabajó con la metodología [17] y se elaboró una matriz de identificación, análisis y evaluación de riesgos en una Hoja de cálculo EXCEL. Se utilizaron listas de chequeo para las autoevaluaciones y evaluaciones de la gestión del riesgo.

Para la comprobación de la aplicación adecuada de la gestión del riesgo, se elaboraron encuestas utilizando una aproximación al método de expertos, la confiabilidad de los datos obtenidos se evaluó aplicando el coeficiente alfa de Crombach.

Para la aplicación de la gestión comparada de los riesgos en los procesos, se utilizó una adecuación de la herramienta diagrama causa-efecto que consistió en la ubicación de los riesgos internos y externos de las actividades identificadas como objetivos de control y obtenidos con la matriz de gestión del riesgo como de alta prioridad, para ser comparados, como causas del efecto principal a minimizar del proceso, se detallan las subcausas que provocan los riesgos y se establecen las prioridades para la ejecución de las acciones de mejoras.

Un esquema de la metodología de gestión comparada del riesgo se presenta en la Figura 3.

Riesgos Internos de alta prioridad (RI)



Riesgos externos de alta prioridad (RE).

Niveles de Prioridad

Mayor prioridad
(Riesgos Internos)

Menor prioridad
(Riesgos Externos)

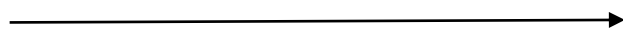


Fig. 3 Diagrama causa-efecto adecuado para la metodología de gestión comparada del riesgo.

La toma de decisiones se realizó a través de la tormenta de ideas generada por el grupo de gestión [28].

6. Resultados de la aplicación de la gestión comparada de riesgos para los procesos claves:

Para todos los procesos se consideraron como riesgos internos los inherentes a las actividades de operación y los riesgos externos se relacionaron con las actividades de gestión, de ellos en el análisis se determinó como más importantes los riesgos internos, los cuales pueden ser controlados con acciones preventivas que disminuyan las actividades de gestión y eliminen costos en acciones de mejoras.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Fijas).

El análisis interno demostró que la mayor prioridad de acción es para el estado de la tecnología que tiene más de 15 años de explotación, sin embargo los recursos económicos que le siguen en prioridad, no permiten invertir en mejorar esta. Otros riesgos considerados con prioridad, están relacionados con las actividades de mantenimiento, operaciones, inspecciones y planes de prevención, que son la clave para mejorar este proceso cuando se gestiona la eficiencia energética, menor prioridad, se concede al combustible ya que la mayoría utiliza Diesel y a la legislación existente, los recursos humanos que están capacitados, los planes de mantenimiento que se cumplen y los planes de emergencias que son de obligatorio cumplimiento.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Móviles).

El análisis interno demostró que la mayor prioridad de acción es para el parque automotor de la ciudad, la clasificación por categorías, antigüedad y eficiencia, así como el tipo de combustible y los equipos de medición, le sigue en prioridad, los mantenimientos, las inspecciones y los estudios de vialidad. Otros riesgos considerados con prioridad están relacionados con las actividades de registro de vehículos y la legislación, menor prioridad, se concede a los planes de emergencia que son un requisito de obligatorio cumplimiento.

Proceso vigilancia de inmisiones.

El análisis interno demostró que la mayor prioridad es para los tipos de contaminantes por sus efectos, le siguen en prioridad otros riesgos como, la planificación física, los sistemas de tratamiento, las inspecciones, las condiciones meteorológicas y los planes de prevención. Otro riesgo considerado con prioridad es la definición y uso de la legislación vigente que es un requisito de obligatorio cumplimiento.

Proceso Comunicación

El análisis interno demostró que la mayor prioridad es para los procedimientos, los métodos y los indicadores adecuados, le siguen en prioridad la capacitación y la toma de decisiones. Este proceso tiene como excepción la consideración de algunos riesgos externos como son: la educación y la participación de la población.

7. Toma de decisiones de acciones de mejoras basadas en la gestión comparada del riesgo en la evaluación de la calidad del aire.

Proceso de mejora

Para la toma de decisiones de acciones de mejoras y su inclusión en los planes a corto, mediano y largo plazo se tuvieron en cuenta los resultados de la gestión comparada del riesgo de mayor prioridad.

A continuación se ejemplifican las medidas tomadas para gestionar internamente los riesgos en los procesos control de emisiones y vigilancia de inmisiones según los plazos antes expuestos.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Fijas).

Acciones corto plazo:

- Obtener eficiencia energética con el incremento de la eficiencia térmica en las calderas evaluadas.
- Lograr el autocontrol de los recursos humanos en la operación de las calderas con el uso de listas de chequeo y procedimientos de forma sistemática.
- Sistematizar las actividades de mantenimiento para los generadores de vapor que cuentan con más de 15 años de explotación, realizar acciones predictivas y preventivas supervisar todas estas actividades.
- Realizar inspecciones a los generadores de vapor más rigurosas, enfocadas al logro de la eficiencia energética.
- Capacitar a los operarios en el uso de documentos normativos relacionados con las emisiones de contaminantes para lograr buenas prácticas.
- Revisar que los Planes de prevención consideren la contaminación atmosférica y los efectos que puede provocar en el mal funcionamiento de los generadores de vapor.

Acciones mediano plazo:

- Diseñar un software para el control de emisiones desde las entidades generadoras de contaminantes.
- Capacitar a los especialistas en el uso del software.

Acciones largo plazo:

- Cambiar el combustible en los equipos que mayor influencia ejercen en los riesgos de contaminación por NO₂, las fuentes fijas que utilizan fuel-oíl.
- Lograr de la eficiencia energética de las Calderas no incluidas en el estudio de las fuentes fijas de emisión de contaminantes.
- Elaborar Planes de Emergencia que establezcan acciones para la alerta tecnológica y simulacros que involucren a todos los posibles receptores.

Proceso control de emisiones. (Fuentes Móviles).

Acciones corto plazo:

- Obtener eficiencia energética en los motores de combustión interna de los vehículos considerados en los inventarios de fuentes móviles.
- Sistematizar las actividades de mantenimiento de los vehículos, según la legislación vigente realizar acciones predictivas y preventivas supervisar todas estas actividades.
- Actualizar la normativa de emisiones de contaminantes atmosféricos provocados por fuentes móviles.
- Capacitar a todos los niveles en el uso de documentos normativos relacionados con emisiones de contaminantes para lograr buenas prácticas.
- Revisar que los Planes de prevención consideren la contaminación atmosférica y los efectos que puede provocar el mal funcionamiento de los vehículos que se encuentran circulando.
- Tomar acciones para disminuir los puntos calientes identificados en las avenidas más transitadas.

Acciones mediano plazo:

- Lograr el control sistemático de los vehículos en los Centros de Control de Vehículos.
- Incluir en las medidas de control de vehículos la medición de gases.
- Digitalizar la información del registro automotor.
- Restricción del flujo vehicular.

Acciones largo plazo:

- Realizar inventarios detallados de Fuentes móviles.
- Uso de combustibles reformulados.
- Elaborar Planes de Emergencia que establezcan acciones para la alerta tecnológica y simulacros que involucren a todos los posibles receptores.

Proceso vigilancia de inmisiones.

Acciones corto plazo:

- Trabajar con modelos de dispersión de la calidad del aire más modernos.
- Ampliar la cantidad de contaminantes evaluados.

Acciones mediano plazo:

- Lograr una buena planificación del uso del suelo para nuevos proyectos de industrias de producción y servicios que generen contaminantes atmosféricos, mediante estrategias de coordinación entre los organismos involucrados.
- Analizar en las zonas de riesgos identificadas, las fuentes fijas de contaminantes atmosféricos y reubicar aquellas que se encuentren en zonas habitables.
- Mantener el monitoreo sistemático de las condiciones meteorológicas.
- Uso de sistemas de tratamiento (depuradores, filtros, etc) eficientes.
- Elaborar planes de prevención que incluyan la alerta ante condiciones climáticas desfavorables.

Acciones largo plazo:

- Establecer un sistema de monitoreo de inmisiones en las zonas de riesgo y en los puntos calientes de la ciudad.
- Comprobar sistemáticamente el cumplimiento de la legislación vigente.
- Mejorar la base de datos necesaria para la evaluación de la calidad del aire.
- Evaluar el efecto de los contaminantes considerados en el estudio para los diferentes receptores (humanos, flora, fauna, materiales).

8. Evaluación del modelo de la gestión de la calidad del aire.

Etapas 3 Evaluación del modelo de gestión de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas.

Para la revisión y verificación del modelo se aplicaron encuesta a especialistas de entidades y del organismo rector de la actividad sobre la adecuación del modelo a las necesidades, utilizando el criterio de expertos con el método Delphi y validando la confiabilidad de los resultados por el coeficiente alfa de Crombach.

Además se aplicaron encuestas a especialistas de gestión para la comprobación de las metodologías de los procesos, utilizando el criterio de expertos con el método Delphi.

Con el objetivo de evaluar la aplicación del modelo, se definieron tres momentos de acción: PASADO, antes de la aplicación, PRESENTE, ejecución del modelo, FUTURO, predicción de escenarios. Mediante la herramienta tormenta de ideas se identificaron y establecieron indicadores. Además se aplicaron encuestas a los actores claves incluidos en el modelo, fundamentalmente se trabajó en la percepción de la comunidad mediante la aplicación de encuestas a grupos vulnerables. Los resultados se presentan en diagramas radiales.

Las categorías de Indicadores para la evaluación de la gestión de la calidad del aire y el desempeño ambiental, se definieron a partir del trabajo en grupos y la aplicación de la herramienta estadística tormenta de ideas. Los indicadores definidos son los siguientes:

1. Existencia de la Estrategia Ambiental Municipal.
2. Compromiso del gobierno.
3. Definición y cumplimiento de objetivos de gestión de la calidad del aire.
4. Identificación y cumplimiento de requisitos legales.
5. Gestión de la información.
6. Gestión de los recursos.
7. Cooperación.
8. Capacitación.
9. Identificación y gestión de los procesos claves para evaluar la calidad del aire.
10. Evaluación de riesgos.
11. Preparación y respuesta ante emergencias.
12. Comunicación.
13. Participación.
14. Planes de acciones de mejoras.

Se establecieron 5 niveles para determinar el valor a asignar a cada indicador, los cuales se describen a continuación:

Nivel 1: Solo se realizan acciones aisladas en función del control de la contaminación atmosférica. No existe una gestión sistemática de la calidad del aire.

Nivel 2: Se realizan acciones no sistemáticas encaminadas al manejo de la calidad del aire.

Nivel 3: Se realizan acciones sistemáticas en función de la gestión de la calidad del aire. Se presentan planes de mejoras.

Nivel 4: Se realizan acciones sistemáticas basadas en la gestión del riesgo en la evaluación de la calidad del aire por zonas de estudio. Se presentan planes de mejoras.

Nivel 5: Se realizan acciones predictivas enfocadas en la gestión de riesgos potenciales en la evaluación de la calidad del aire en toda la localidad.

Para la evaluación de la aplicación del modelo, se utilizaron los 14 indicadores definidos. La etapa PRESENTE de aplicación del modelo, corresponde con la ejecución del Sistema de gestión ambiental comparado de los riesgos en la evaluación de la calidad del aire urbano en la ciudad de Cienfuegos que se realizó en el periodo 2011-2014.

Los resultados de la evaluación por los expertos se presentan en el diagrama radial de la Figura 4.

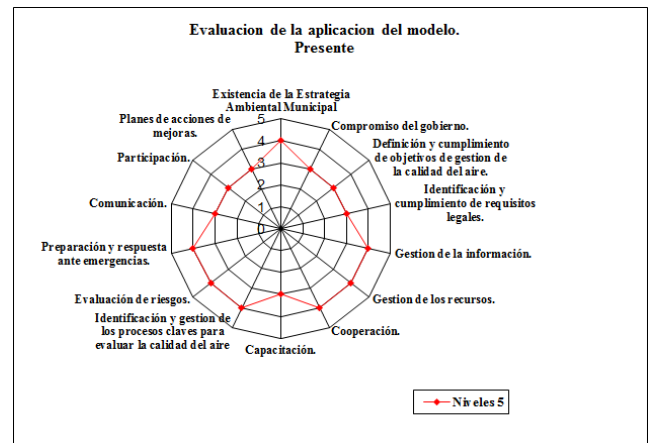


Fig. 4 Diagrama radial. Evaluación de la aplicación del modelo. PRESENTE.

Con la aplicación del modelo se aprecia una mejora en el desempeño ambiental, específicamente en la gestión de la calidad del aire, del total de indicadores para la evaluación del modelo, el 50 % representados por los indicadores: 1, 5, 6, 7, 9, 10 y 11 se encuentran en el nivel 4: se realizan acciones sistemáticas basadas en la gestión del riesgo en la evaluación de la calidad del aire por zonas de estudio. Se presentan planes de mejoras. Mientras que el otro 50 % que representan los indicadores: 2, 3, 4, 8, 12, 13 y 14 se encuentran en el nivel 3: realizan acciones sistemáticas en función de la gestión de la calidad del aire, pero aún no existe la conciencia necesaria para lograr las mejoras propuestas, el cumplimiento de los objetivos y requisitos legales aplicables, se debe profundizar en la capacitación, en las acciones de comunicación y en la participación de todos los actores claves.

El FUTURO considera un escenario donde se minimizan las inmisiones y la gestión de la calidad del aire es eficaz, un nivel 5 donde se realizan acciones enfocadas en la gestión de riesgos potenciales en la evaluación de la

calidad del aire en toda la gestión, con la aplicación de las siguientes acciones de mejoras:

1. Mejoras en el sistema de gestión actual con la ampliación del alcance del mismo, considerar grandes fuentes de emisión de contaminantes.
2. Ampliar la cantidad de contaminantes medidos.
3. Obtener la tecnología necesaria para que las entidades regulatorias realicen la medición de emisiones e inmisiones de contaminantes atmosféricos en todas las zonas identificadas de la ciudad.
4. Lograr la disminución de las emisiones e inmisiones de las fuentes fijas que utilizan combustible fuel-oil.

IV. CONCLUSIONES

1. El modelo de gestión de la calidad del aire para ciudades industrializadas cubanas, constituye una herramienta innovadora que incluye la interacción de los procesos involucrados en el sistema para la evaluación de la calidad del aire con sus actores claves.
2. El sistema de gestión ambiental comparado de riesgos en la evaluación de la calidad del aire, aplicado en una localidad cubana constituye una nueva forma de establecer el control y supervisión de los procesos involucrados, la metodología de gestión comparada de riesgos, permite establecer prioridades y plazos en la toma de decisiones.
3. La implementación del sistema de gestión ambiental comparado de riesgos en la evaluación de la calidad del aire y las acciones a corto, mediano y largo plazo permiten la mejora en el desempeño ambiental y en la gestión de la calidad del aire urbano en la ciudad de Cienfuegos.

Agradecemos el apoyo del VLIR UOS a través del proyecto TEAM ZEIN2015PR402.

V. REFERENCIAS

- [1]. Seoáñez Calvo, M. "Tratado de la contaminación atmosférica". Colección Ingeniería del Medio Ambiente. Problemas, tratamiento y gestión. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona y México. Impreso en España. Depósito legal: M.7.811.2002. ISBN: 84-8476-035-9. 111 pág, 2002.
- [2]. Moreno Sánchez, Marcela. "La Gestión Ambiental Urbana. El caso de la Contaminación Atmosférica en Bogotá". Revista EAN No 62, pp 29-38, Colombia, enero-abril 2008.
- [3]. Pérez García, Waldo. "Modelo de gestión integrada de la calidad y el medio ambiente aplicable a los órganos cubanos de gobierno local".

Revista Avanzada Científica, Mayo-Agosto vol. 16 No 2 Año 2013. IDICT. ISSN 1029-3450. RNPS 1843. Ciget-Matanzas, 2013.

- [4]. Granada Aguirre L. F. "Procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali-Colombia". Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. La Habana, 2010.
- [5]. CEPAL. Korc Marcelo. "Calidad del Aire y su impacto en la salud en América Latina y el Caribe". CEPAL-SERIE Seminarios y conferencias No 9, 2001. Disponible en: <http://www.lcll548e-1.pdf>. [Consulta: 2014-4-8].
- [6]. APMA. "Air Pollution in the Megacities of Asia Proyect". Becchmarking Urban Air Quality. Management and Practice in Mayor and Megacities of Asia. Stage 1. Korea Environment Institute. December 2002. Seoul. Republic of Korea, 129p. ISBN 89-8464-032-893530, 129 pág. Disponible en: <http://www.asiaairnet.org> [Consulta: 2012-10-19].
- [7]. Naikera Y, Diab R.D, Zunckel M, Hayes E.T. "Introduction of local Air Quality Management in South Africa: overview and challenges". environmental science and policy, 2012 pp 162 – 171. Disponible en: <http://www.1-s2.0-S1462901111001808-main-pdf> doi:10.1016/j.envsci.2011.11.009.
- [8]. Beattie, C.I; Longhurst, J.W.S; Wood N.K. "Air quality management: evolution of policy and practice in the UK as exemplified by the experience of English local government". Atmospheric Environment Vol. 35, 2001; pp 1479-1490. Disponible en: <http://1-s2.0-S135223100003113.main.pdf>.
- [9]. Longhurst, J.W.S; Beattie C.I; Chatterton T.J; Hayes E.T. "Local air quality management as a risk management process: Assessing managing and remediating the risk of exceeding an air quality objective in Great Britain". Environment International 32 (2006) pp 934–947. Disponible en: <http://www.doi:10.1016/j.envint.2006.06.006>. [consulta: 2014]. DOI:10.1016/j.envint.2006.06.006.
- [10]. EPA. QA. "Handbook for Air Pollution Measurement Systems.

- Volume II. Ambient Air Quality Monitoring Program". U.S. Environmental Protection Agency. Office of Air Quality Planning and Standards. Air Quality Assessment Division. RTP, NC 27711 (2013). [en línea]. Disponible en: <http://www.QA-Handbook-Vol-II.PDF>. [consulta: 2014]. EPA-454/B-13-003.
- [11]. Comprehensive Air Management System (CAMS): A propose Framework to Improve Air Quality Management. Abril, 2010. Canadá. 94 p. Consulta: 2012-10-20. Disponible en: www.ccme.ca/ourwork
- [12]. Barrios Castrejon, Ramiro. "Gestión de la Calidad del Aire México". SEMARNAT. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. 10 Agosto 2009, 30p. Disponible en: <http://www.semarnat.gov.mx/gestioambiental/calidaddelaire/Pages/inicio.aspx>. Consulta: 2012-9-14.
- [13]. Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2009) «Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. "Manual para la elaboración de planes de Gestión de la Calidad del Aire". PDF, Bogotá D. C Colombia, 44p. ISBN 4166 051009. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co>. [consulta: 2012-9-14].
- [14]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Sistema de Gestión de la Calidad-Requisitos". NC ISO 9001, La Habana: ONN, 2015, 46 p.
- [15]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Sistemas de Gestión Ambiental – Requisitos con orientación para su uso". NC ISO 14001, La Habana: ONN, 2015. 50 p.
- [16]. Pérez Liñan, Anibal (2007). "El método comparativo: Fundamentos y Desarrollos Recientes". Universidad de Pittsburgh. (Versión 1.2. nov de 2007). 36 pág. Disponible en: <http://www.2007fundamentos.pdf>. [consulta: 2014-4-8].
- [17]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Gestión del Riesgo". NC ISO 31000, La Habana: ONN, 2015, 30p.
- [18]. Lazo Vento, Carlos. "Modelo de dirección del desarrollo local (MDDL) con enfoque estratégico, experiencia en Pinar del Río". Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Facultad de Ingeniería Industrial. Centro de Estudios de Técnicas de Dirección, pp 181, 2002.
- [19]. Pérez García, Waldo. "Modelo de gestión integrada de la calidad y el medio ambiente aplicable a los órganos cubanos de gobierno local". Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Centro de Gestión de Ciencia e Innovación, La Habana, pp 174, 2013.
- [20]. CUBA, MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. "Estrategia Ambiental Nacional", Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria, La Habana, 2011.
- [21]. CUBA. MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. Programa Nacional de Lucha contra la Contaminación del Medio Ambiente para el período 2009-2015, Gaceta Oficial de la República de Cuba, Año CVIII, No 1, La Habana, 2010.
- [22]. López Cabrera C. M. "Introducción a la Gestión de la calidad del aire, Instituto de Meteorología, Centro de química y contaminación atmosférica". DESOFT. Ciudad de la Habana. Cuba. ISBN: 978-959-282-049-4. 703 p, 2007.
- [23]. PNUMA-CITMA, Proyecto Agenda 21. "Perspectivas del Medio Ambiente Urbano. GEO Cienfuegos". Editorial Academia, ISBN 978-959-270-109-0. La Habana, Cuba. 2008.
- [24]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION. "Sistemas de gestión ambiental-Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo" NC ISO14004: 2004. La Habana: ONN, 2004, 41p.
- [25]. Cruz Viroso, I, Luzardo Martínez, F. "La gestión de la calidad del aire: Una mirada a sus procesos en Cuba". Revista Normalización. vol 2. ISSN: 0138-8118, 2010.
- [26]. Borroto Nordelo, Aníbal; Rubio González, Ángel. "Combustión y Generación de Vapor", Maestría en Eficiencia Energética, Universidad de Cienfuegos, Ministerio de Educación Superior, Editorial UNIVERSO SUR, 2007.

[27]. Cruz Viroso, I, Cabello Eras, JJ, Sorinas González, L. "Evaluación de la calidad del aire en Cienfuegos. Mejoras en el desempeño ambiental".CUBASOLAR. Revista Científica de las Fuentes Renovables de Energía. Número 52, abril-junio. ISSN: 1028-6004. RNPS: 2220, 2015. Disponible en:

<http://www.cubasolar.cu>

[28]. Cruz Viroso, I, Sorinas González, L, Cabello Eras, JJ. "Gestión comparada del riesgo en el control de la contaminación atmosférica de Generadores de Vapor. Revista Ingeniería Energética ISSN 1815-5901 RNPS 1958. (no publicado)