POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Manejo de las aguas residuales en el sector empresarial de Cienfuegos

Original
Manejo de las aguas residuales en el sector empresarial de Cienfuegos / Gutiérrez Benitez, Omar; Maria Aloma Oramas, Regla; CASTRO RODRIGUEZ, DAVID JAVIER. - In: REVISTA CIENTÍFICA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL. - ISSN 1815-591X. - ELETTRONICO. - 42:2(2021), pp. 39-51.

Availability:
This version is available at: 11583/2897034 since: 2021-04-26T12:05:44Z

Publisher:
Centro de Investigaciones Hidráulicas, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (CUJAE), La

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

12 October 2024

Manejo de las aguas residuales en el sector empresarial de Cienfuegos

MSc. Ing. Omar Gutiérrez Benítez email: omar@gestion.ceac.cu
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), Cienfuegos.

MSc. Ing. Regla María Alomá Oramas email: reglita@gestion.ceac.cu
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), Cienfuegos.

MSc. Ing. David Javier Castro Rodríguez email: s289200@studenti.polito.it
Politecnico di Torino (POLITO). Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia (DISAT). Torino, Italia.

RESUMEN
La contaminación ambiental es uno de los principales problemas ambientales. El objetivo fue evaluar el manejo de las aguas residuales en el sector empresarial de Cienfuegos y proponer soluciones para mitigar la contaminación. Se aplicó el procedimiento de los ocho pasos para la solución de un problema, complementado con metodologías y herramientas para los estudios técnicos. El manejo de las aguas residuales constituye un aspecto ambiental potencialmente impactante, sobre la contaminación ambiental de las aguas y suelo. Se propuso un plan de medidas técnico-organizativas y soluciones ingenieras, teniendo en cuenta opciones de Producción Más Limpia, para minimizar en las fuentes de origen la generación de la contaminación y reducir el consumo del recurso agua. Las medidas contribuirán a mejorar el desempeño ambiental de las organizaciones.

Palabras clave: aguas residuales, contaminación, impacto ambiental, manejo, sector empresarial

Wastewater management in the enterprise sector in Cienfuegos

ABSTRACT
Environmental pollution is one of the main environmental problems. The objective was to evaluate the management of wastewater in the enterprise sector of Cienfuegos and to propose solutions to mitigate the contamination. The eight-step procedure was applied for the solution of a problem, complemented with methodologies and tools for technical studies. The management of wastewater is a potentially significant environmental issue, in terms of environmental pollution of water and soil. A package of technical, organizational and engineering solutions was proposed, taking into account Cleaner Production options, to minimize the generation of pollution at source and reduce water consumption. The measures will contribute to improve the environmental performance of the organizations.

Keywords: wastewater, pollution, environmental impact, management, enterprise sector

recibido: Noviembre 2020 | aprobado: Abril 2021

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los principales problemas ambientales globales. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible reconoce metas que requieren de la reducción de la contaminación.

En Cuba se reconoce que es necesario prevenir, reducir y controlar la contaminación ambiental en las fuentes de origen, y desarrollar una gestión integral de las fuentes de contaminación, orientada a la mejora paulatina de la calidad ambiental (CITMA, 2015).

La Gestión Ambiental es uno de los sistemas componentes del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Estatal Cubano. Tiene el propósito de prevenir, reducir y eliminar los impactos negativos que los procesos causan al medio ambiente. Se establece que las empresas estatales tienen entre sus funciones realizar periódicamente diagnósticos de la situación ambiental y definir las medidas para su solución.

La Ley 124 "De las Aguas Terrestres" establece que los centros de producción y servicios, además de incrementar el uso eficiente del agua, están obligados a implementar prácticas de producción limpias acorde con las normas establecidas; garantizar el adecuado tratamiento de los residuales; así como de la operación y mantenimiento de estos sistemas, con el fin de reducir la generación de residuales líquidos y su correcta disposición final.

El manejo de las aguas residuales incluye la ejecución de todas las operaciones asociadas a cada una de sus etapas: prevención de la generación, manipulación, almacenamiento, tratamiento y la disposición final. El vertimiento de residuales líquidos es la disposición de residuales en los cuerpos de agua, cualquiera que sea su naturaleza y los que se dispongan en el suelo y el subsuelo. Las descargas de aguas residuales sin o con escaso tratamiento provocan impactos ambientales negativos (Terry et al., 2010; García y Gutiérrez, 2016a).

En el universo de entidades del sector empresarial de Cienfuegos se ha identificado problemas con el funcionamiento de los sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales (STR); e incumplimientos de requisitos de las normas de vertimiento.

El objetivo fue evaluar el manejo de las aguas residuales en el sector empresarial de Cienfuegos y proponer soluciones para mitigar la contaminación.

BASES METODOLOGICAS

Se utilizó el procedimiento de los ocho pasos para la solución de un problema (Gutiérrez y De La Vara, 2013). Consiste en una metodología de solución de problemas, inspirada en el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), en el que se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planificar); éste se ejecuta según ha sido planeado (hacer); se analiza si se obtuvieron los efectos esperados y la magnitud de los mismos (verificar), y de acuerdo con lo anterior se actúa en consecuencia (actuar), ya sea con la generalización del plan si dio resultado, con medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o bien, se reestructura el plan si los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo.

Estos ocho pasos, aplicados a problemas recurrentes o a proyectos de mejora, permiten llegar a las causas de fondo de los problemas realmente importantes, y no quedarse en atacar efectos y síntomas.

La implementación de los ocho pasos para la solución de un problema en el caso de estudio se describe a continuación:

Paso 1: Seleccionar y caracterizar un problema (Etapa Planear)

Se tuvo en cuenta el marco de referencia establecido para el sistema de gestión ambiental. Se utilizaron criterios establecidos para las auditorías y evaluación del desempeño ambiental de las organizaciones (ISO 2018; ISO 2013).

Se realizó un diagnóstico del manejo de las aguas residuales utilizando metodologías y herramientas específicas para los estudios técnicos, bajo el principio de la convergencia metodológica (Terry et al. 2010, CIGEA 2012, García y Gutiérrez 2016b; Gutiérrez y García, 2017; Hernández y Pascual, 2018).

Se identificaron no conformidades teniendo en cuenta la legislación y normativas ambientales vigentes aplicables a los residuales líquidos, incluidas las normas de vertimiento:

- Norma Cubana NC 27: 2012 "Vertimiento de aguas residuales a aguas terrestres y al alcantarillado-Especificaciones".
- Norma Cubana NC 521: 2007 "Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas-Especificaciones".
- Norma Cubana NC 24:1999 "Eliminación de contaminantes en talleres galvánicos. Parámetros de vertimiento".

Asimismo, fueron consideradas las recomendaciones técnicas para la inspección de los sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales (STR) propuestas por Terry et al. (2010). Para los separadores gravitatorios de hidrocarburo-agua (trampas de hidrocarburos) se tuvieron en cuentas los criterios de Awais et al. (2015) y API (1990).

Finalmente se procedió a identificar y calificar cualitativamente los impactos ambientales negativos potenciales del manejo de las aguas residuales (aspecto ambiental) sobre los componentes del entorno y los factores ambientales susceptibles de ser impactados. Se utilizaron los criterios de la Guía Metodológica de Evaluación de Impacto Ambiental de Conesa (2000), utilizando el software GAIA V1.0 del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos.

Una vez identificados los factores ambientales susceptibles de ser impactados por el manejo de las aguas residuales (aspecto ambiental) se calculó la Importancia del impacto. La misma está en función del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida y de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como: extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad. La Importancia del impacto toma valores entre absolutos 13 y 100. Los impactos con valores de Importancia inferiores a -25 son *irrelevantes (compatibles)*, los impactos *moderados* presentan una importancia entre -25 y -50. Serán *severos*

cuando la Importancia se encuentre entre -50 y -75, y *críticos* cuando el valor sea superior a -75 (Conesa, 2000).

Paso 2: Buscar todas las posibles causas (Etapa Planear)

Se identificaron las causas probables del deficiente manejo de las aguas residuales a juicio de los integrantes del equipo de investigadores. Fueron considerados los criterios cualitativos y cuantitativos de los estudios técnicos detallados en el Paso 1.

Se utilizó el diagrama de causa-efecto o de Ishikawa, un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. Se elaboró un diagrama del tipo 6 M, que consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6 M): métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad y de la calidad de la salida del proceso (Gutiérrez y De La Vara 2013).

Paso 3: Investigar cuáles de las causas son más importantes (Etapa Planear)

Se utilizó la herramienta de Análisis de Modo y Efecto de las Fallas (AMEF), propuesta por Gutiérrez y De La Vara (2013).

Paso 4: Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes (Etapa Planear)

Se elaboró un plan de medidas correctivas, con alcance de ideas conceptuales para mitigar la contaminación ambiental provocada por el manejo de las aguas residuales, detallado según la propuesta de Gutiérrez y De La Vara (2013).

Pasos 5, 6, 7 y 8: Ejecutar las medidas remedio (Etapa Hacer), Revisar los resultados obtenidos (Etapa Verificar), Prevenir la recurrencia y Concluir y evaluar lo hecho (Etapa Actuar)

Los pasos 5, 6, 7 y 8 (Ejecutar las medidas remedio, Revisar los resultados obtenidos, Prevenir la recurrencia y Concluir y evaluar lo hecho) se propusieron a los decisores del universo de entidades del sector empresarial de Cienfuegos.

CASO DE ESTUDIO: UNIVERSO DE ENTIDADES DEL SECTOR EMPRESARIAL DE CIENFUEGOS

La investigación abarcó un universo de entidades del sector empresarial de Cienfuegos, y que, a su solicitud, fueron objeto de diagnósticos ambientales en el período 2013-2019.

El objeto de estudio fue el manejo de las aguas residuales e incluyó la ejecución de todas las operaciones asociadas a cada una de sus etapas: prevención de la generación, manipulación, almacenamiento, tratamiento y la disposición final.

Paso 1: Seleccionar y caracterizar un problema (Etapa Planear)

Los tipos de aguas residuales predominantes en el sector empresarial de Cienfuegos:

- Residuales constituidos por desecho humanos y residuos de alimentos, clasificados como aguas residuales domésticas o albañales. Las fuentes generadoras de estas aguas residuales son los servicios sanitarios, pantrys, comedores obreros y otros servicios internos.
- Residuales constituidos por desechos de los procesos productivos, clasificados como aguas industriales. Las fuentes generadoras de estas aguas residuales son los derrames, laboratorios, limpieza de equipamiento y pisos y aguas pluviales contaminadas.
- Residuales constituidos por residuos de hidrocarburos, generados por vertimientos directos o por escorrentías pluviales (oleosos y pluviales oleosos), clasificados como aguas industriales. Las fuentes generadoras de estas aguas residuales son los talleres, almacenes de aceites y lubricantes, plantas de fregado, grupos electrógenos y tanques de combustibles.

En general, los sistemas de tratamiento de Residuales (STR) existentes son:

- Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales con tratamiento preliminar, tratamiento primario, y tratamiento secundario.
- Plantas compactas de tratamiento de aguas residuales domésticas en instalaciones turísticas.
- Lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.
- Pequeños sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales domésticas (trampas de grasa, fosas sépticas, tanques sépticos, filtros biológicos y pozo de infiltración).
- Pequeños sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales oleosas (trampas de hidrocarburos).

No obstante, se constató que aún es insuficiente la cobertura de tratamiento de residuales líquidos. Asimismo, la mayoría de los talleres y almacenes de aceites y lubricantes carecen de sistemas de colección y tratamiento de residuales oleosos. No hay STR para residuales líquidos conteniendo metales pesados, generados en talleres galvánicos y otros.

En general se verificaron deficiencias técnicas organizativas en el manejo de las aguas residuales y en la gestión ambiental, entre ellas:

- La base legal esta desactualizada e incompleta, incluidas Normas Cubanas con carácter obligatorio.
- Poca disponibilidad de procedimientos y registros del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) relacionados con la gestión de las aguas residuales.
- Las fichas de procesos de los Sistemas de Gestión no tienen identificadas entradas y salidas relacionadas con el consumo de agua y la emisión de residuales líquidos. Tampoco tienen indicadores medibles para evaluar el desempeño ambiental de los procesos, teniendo en cuenta el cumplimiento de la legislación y normativas ambientales vigentes, asociadas a estos temas.
- La documentación técnica sobre los sistemas de tratamiento de residuales, y la documentación de proyectos y planos de las instalaciones es muy limitada.
- Falta de procedimientos operacionales y de mantenimiento, incluidos controles y registros.

- Falta e insuficiente capacitación del personal a cargo de los sistemas de tratamiento.
- Insuficiente caracterización y monitoreo de los afluentes y efluentes dispuestos a los cuerpos receptores.
- Falta de identificación y categorización de los cuerpos receptores según las normativas.
- Insuficientes mediciones y/o estimaciones de los caudales, concentraciones y carga contaminante generada y dispuesta por los residuales líquidos.
- Insuficiente grado de capacitación y sensibilización de directivos, especialistas y operarios relacionados con el manejo de los residuales líquidos, y con el ahorro y uso racional del agua.
- Limitados estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos (PVR) tecnológicos.
- Alto consumo de agua e insuficiente aplicación de los índices de consumo establecidos.
- Insuficientes planes de manejo de los lodos, grasas, aceites usados e hidrocarburos separados en los sistemas de tratamiento.
- Poco nivel de introducción de prácticas y estrategias de carácter preventivo orientadas a la reducción de la generación de residuales y emisiones en la fuente de origen.
- Insuficiente aprovechamiento económico de residuales.
- Limitadas inversiones y recursos materiales y financieros destinados a la prevención, reducción y control de la contaminación.

Las principales deficiencias en los STR fueron las siguientes:

- Sistemas no separativos, incorporación de aguas pluviales.
- Mal estado de los sistemas sanitarios (SS).
- No segregación de corrientes.
- Predominio de sistemas individuales y sistemas con tratamiento preliminar y tratamiento primario.
- Defectos en el diseño de ingeniería y/o construcción.
- Deficiente estado técnico-constructivo.
- Operación no satisfactoria.
- Limpieza y mantenimiento inadecuado.
- Facilidades para la inspección sistemática y muestreos inadecuadas.
- Carencias de áreas de manejo de los lodos, grasas e hidrocarburos separados.
- Condiciones ambientales en el entorno deterioradas.
- Carencias de STR para residuales líquidos conteniendo metales pesados.

Lo anterior incidió sobre el funcionamiento deficiente de los STR, las bajas eficiencias de remoción de contaminantes, y el incumplimiento de parámetros establecidos en las normas de vertimiento.

Los impactos ambientales negativos potenciales del manejo de las aguas residuales (aspecto ambiental) identificados según los factores de tipo Físico-Químico (FQ), Biológico-Ecológico (BE), Socio-Culturales (SC) y Económico-Operacional (EO) fueron:

- Contaminación de las aguas superficiales y marinas (FQ1).
- Contaminación de las aguas subterráneas (FQ2).
- Contaminación de suelos (FQ3).
- Afectación de la salud (SC1).

- Afectación a la imagen corporativa (SC2).
- Pérdidas económicas (EO1).

Los impactos negativos potenciales sobre los factores FQ1, FQ2 y FQ3 fueron evaluados de *severos*, con valores de la Importancia del impacto en el rango de -75 < X < -50. Asimismo, los impactos negativos potenciales sobre los factores SC1, SC2 y EO1 fueron evaluados de *moderados*, con valores de la Importancia del impacto en el rango de -50 < X < -25. La calificación anterior según los criterios de Conesa (2000) descritos en el acápite precedente.

Los resultados son coherentes con los impactos negativos (afectación de la calidad ambiental y de la capacidad de autodepuración de aguas y suelo) de los constituyentes de las aguas residuales dispuestas a los cuerpos receptores reportados por Terry et al. (2010), ONN (2015), y García y Gutiérrez (2016b).

En la figura 1 se muestra el histograma de resultados de la evaluación de impacto ambiental.

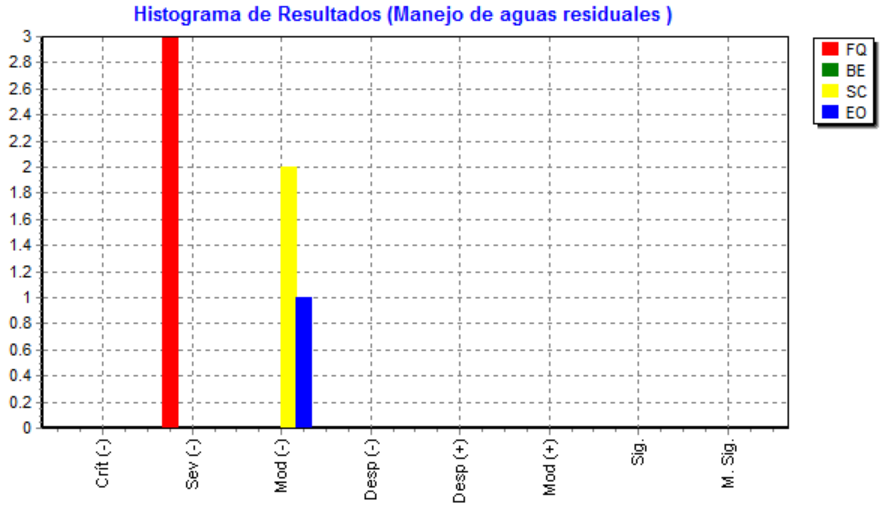

Figura 1. Histograma de resultados de la evaluación de impacto ambiental (Fuente: Elaboración propia, software GAIA V1.0 del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos)

El histograma de la figura 1 ratificó que los impactos negativos potenciales del manejo de las aguas residuales (aspecto ambiental) sobre los factores de tipo Físico-Químico (FQ1, FQ2 y FQ3) son severos. Asimismo, que los impactos sobre los factores de tipo Socio-Culturales (SC1 y SC2), y sobre los factores de tipo Económico-Operacional (EO1) son moderados.

Paso 2: Buscar todas las posibles causas (Etapa Planear)

En la figura 2 se muestra el diagrama Causa y Efecto tipo 6 M, donde se pueden identificar las causas probables del problema ambiental identificado.

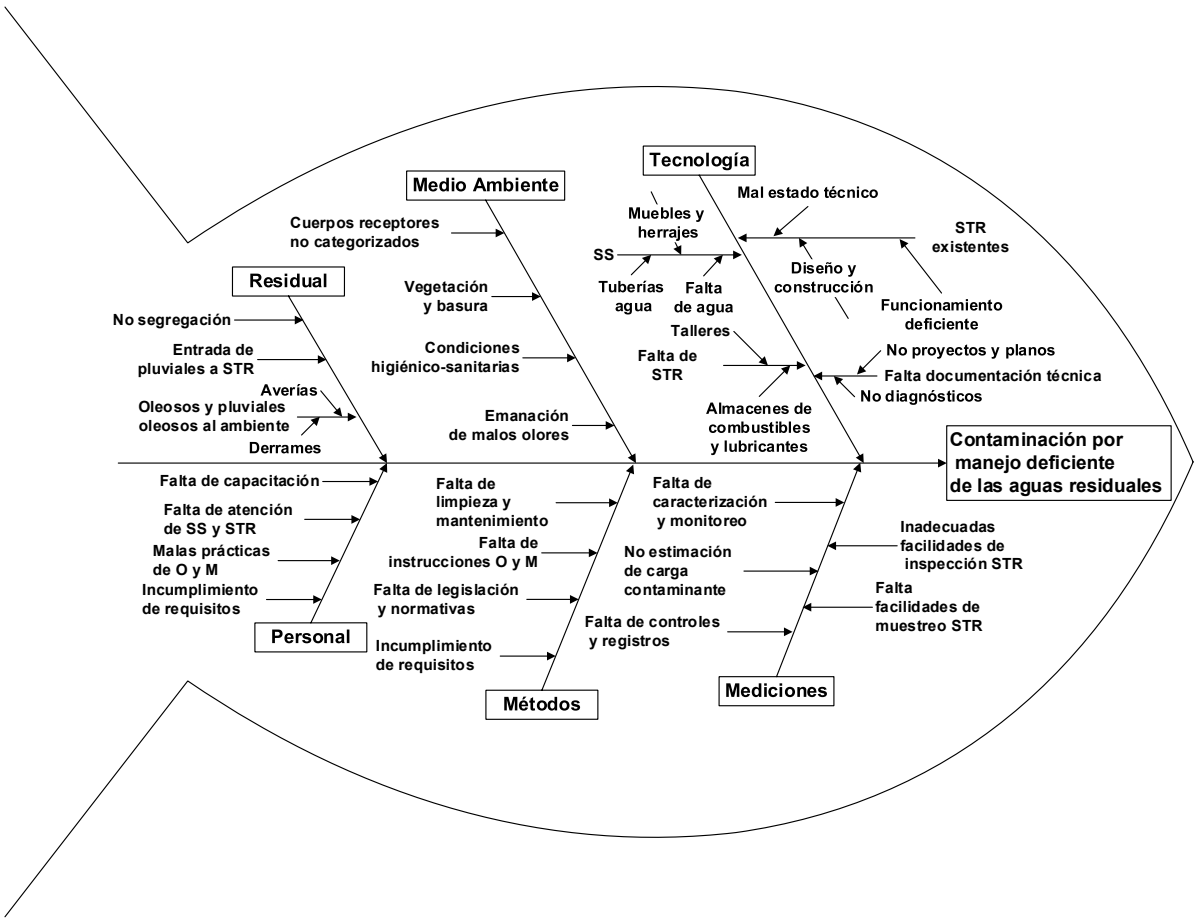

Figura 2. Diagrama Causa y Efecto tipo 6 M (Fuente: Elaboración propia)

En el diagrama Causa y Efecto de la figura 2 se relacionó el problema de la contaminación ambiental por el manejo deficiente de las aguas residuales con las causas potenciales de acuerdo con las 6 M (Métodos de trabajo-Métodos, Mano de obra-Personal, Materiales-Residual, Maquinaria-Tecnología, Medición- Mediciones y Medio Ambiente). Se graficaron causas hasta de tercer orden, hasta llegar a las causas raíces.

Se constató que los aspectos (M) que más se reflejan en el problema bajo análisis fueron:

- Maquinaria-Tecnología: Carencia o insuficiencias de funcionamiento de los STR. Deficiencias en el diseño y construcción de los STR.
- Mediciones: Falta de caracterización y monitoreo. No estimación, ni determinación de carga contaminante. Falta de facilidades para inspección y muestreo.
- Métodos: Falta de limpieza y mantenimiento de los STR. Falta de instrucciones de operación y mantenimiento de los STR. Falta de legislación y normativas en las entidades. Incumplimientos de requisitos.
- Mano de obra-Personal: Falta de capacitación. Malas prácticas de operación y mantenimiento. Incumplimientos de requisitos. Falta de atención a los STR.

Paso 3: Investigar cuáles de las causas son más importantes (Etapa Planear)

A partir del análisis de los criterios cualitativos y cuantitativos de los estudios técnicos detallados en los Pasos 1 y 2, y a juicio de los investigadores, se identificaron los principales modos de fallos y sus efectos; y se estableció el orden de prioridad de las causas principales, según el nivel de riesgos.

Los principales modos-efectos potenciales de las fallas fueron:

- Medidas técnicas organizativas insuficientes para el manejo de las aguas residuales- Contaminación.
- Funcionamiento deficiente de los STR- Contaminación.

Las principales causas fueron asociadas a incumplimientos de requisitos establecidos en procedimientos, en disposiciones legales, y en normas técnicas aplicables; así como a la operación y mantenimiento de los STR.

Paso 4: Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes (Etapa Planear)

Se propuso un plan de medidas técnico-organizativas y soluciones ingenieras, teniendo en cuenta opciones de Producción Más Limpia, para minimizar en las fuentes de origen la generación de la contaminación y reducir el consumo del recurso agua.

Este plan es pertinente con la política ambiental cubana (CITMA 2015) y tuvo como objetivo prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el manejo de las aguas residuales. La meta principal es disminuir la contaminación como vía para mejorar la calidad ambiental del aire, los suelos y el agua.

A continuación, se enumeran las medidas técnico-organizativas para mitigar la contaminación provocada por el manejo de las aguas residuales:

- Completar y actualizar la base legal sobre residuales líquidos y desechos peligrosos, incluidas Normas Cubanas aplicables.
- Elaborar e incluir en las fichas de procesos del Sistema de Gestión entradas y salidas relacionadas con los residuales líquidos y el consumo de agua. Asimismo, incluir indicadores medibles para evaluar el desempeño ambiental de los procesos, teniendo en cuenta el cumplimiento de la legislación y normativas ambientales vigentes, asociadas a estos temas.
- Elaborar procedimientos y registros del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) relacionados con la gestión de los residuales líquidos.
- Hacer cumplir los procedimientos, planes de manejos, disposiciones legales y normas técnicas.
- Realizar y registrar procesos, capacitación interna de directivos, especialistas y operarios sobre manejo de residuales, y ahorro y uso racional del agua.
- Elaborar e implementar procedimientos de operación y mantenimientos de los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos, incluido los residuales oleosos.

- Designar y capacitar a operarios con las funciones de atender el funcionamiento, operación y mantenimiento de los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos.
- Elaborar, controlar y registrar los planes de limpieza y mantenimiento de los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos.
- Determinar la demanda de consumo de agua según la Resolución No. 17/2020 "Aprobar y poner en vigor los índices de consumo de agua para las producciones, los servicios y el riego agrícola, incluido el sector no estatal" o sus actualizaciones del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Elaborar e implementar el procedimiento y registro para el control del consumo de agua.
- Elaborar, establecer y ejecutar los planes de acción para el manejo adecuado de desechos peligrosos.
- Realizar los estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos (PVR) tecnológicos por derrames de hidrocarburos en los grupos electrógenos, taller y almacenes de combustibles y lubricantes.
- Actualizar los planes de reducción de riesgos de desastres, incluyendo los riegos tecnológicos por derrames de hidrocarburos.
- Crear las facilidades de registros para la inspección, limpieza y mantenimiento sistemáticos de rejillas, registros, redes de tuberías y órganos de los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos.
- Implementar el control administrativo de las fuentes contaminantes generadoras de residuos líquidos según la Resolución 223/2014 "Reglamento del control administrativo de fuentes contaminantes generadoras de residuales líquidos y sólidos" o sus actualizaciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Estimar y/o cuantificar los caudales y cargas contaminantes generadas y dispuestas por los residuales líquidos. Elaborar y entregar a las autoridades competentes, la Declaración Jurada.
- Ejecutar y ejecutar un programa de caracterización y monitoreo de los residuales líquidos en correspondencia con las especificaciones establecidas en las Normas Cubanas de vertimiento aplicables.
- Introducir de prácticas y estrategias de carácter preventivo orientadas a la reducción de la generación de residuos y emisiones en las fuentes de origen. Incrementar el reuso y reciclaje de residuos.
- Garantizar la inclusión en los planes de la economía de los recursos necesarios para enfrentar la contaminación y velar por la efectividad de las soluciones. Introducir tecnologías limpias, modernas y eficientes en la proyección y ejecución de las nuevas inversiones.

Las soluciones ingenieras para mitigar la contaminación provocada por el manejo de las aguas residuales que se proponen son las siguientes:

- Identificar, actualizar, documentar y diagnosticar los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos. Identificar y categorizar los cuerpos receptores según las normativas.
- Elaborar la documentación de proyectos técnicos y planos a nivel de Ingeniería de Detalle de los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos de los residuales líquidos. Contratar a una entidad de proyectos especializada un

servicio Según Construido o As Built para elaborar los planos a nivel de ingeniería de detalle.

- Elaborar y archivar un expediente con la documentación técnica los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos.
- Realizar el mantenimiento preventivo, completamiento y reposición de los muebles sanitarios, herrajes y grifería. Introducir grifería y muebles sanitarios de bajo consumo. Habilitar la cantidad de muebles sanitarios requeridos en cada inmueble según las Normas Cubanas aplicables.
- Realizar la rehabilitación y mantenimiento de los STR. Corregir las deficiencias en el diseño y/o construcción.
- Diseñar y construir trampas de grasa para los residuales de los comedores obreros, en correspondencia con los requisitos establecidos en las Normas Cubanas aplicables.
- Diseñar y construir STR y de disposición final de los residuales líquidos apropiados a tipo y carga del residual.
- Realizar la inspección, limpieza y mantenimiento sistemáticos de rejillas, registros, redes de tuberías y órganos de los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos.
- Realizar la segregación de corrientes en correspondencia con la composición y carga contaminante.
- Eliminar la incorporación de aguas pluviales a rejillas, registros, redes de tuberías y órganos del sistema de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos sanitario.
- Eliminar la incorporación de aguas albañales a rejillas, registros, canales y redes de tuberías del sistema de drenaje pluvial.
- Eliminar las malas prácticas en el manejo de desechos y derrames de hidrocarburos en talleres, almacenes de aceites y lubricantes, plantas de fregado, grupos electrógenos y tanques de combustibles.
- Realizar la limpieza y el manejo de fondaje de los tanques de combustible de los grupos electrógenos, según los procedimientos establecidos en las Normas Cubanas aplicables
- Habilitar un área centralizada para el manejo y remediación de los residuales oleosos con los requerimientos establecidos, según la legislación ambiental y Normas Cubanas aplicables.
- Eliminar la incorporación de aguas contaminadas con hidrocarburo al sistema de evacuación, tratamiento y disposición final de residuales líquidos sanitario y al sistema de drenaje pluvial.
- Habilitar sistemas de contención y colección de derrames de hidrocarburos talleres, almacenes de aceites y lubricantes, plantas de fregado, grupos electrógenos y tanques de combustibles. Diseñar y construir trampas de hidrocarburo.
- Adquirir y transferir tecnologías para el tratamiento de residuales líquidos conteniendo metales pesados, generados en talleres galvánicos y otros.

Pasos 5, 6, 7 y 8: Ejecutar las medidas remedio (Etapa Hacer), Revisar los resultados obtenidos (Etapa Verificar), Prevenir la recurrencia y Concluir y evaluar lo hecho (Etapa Actuar)

Los siguientes cuatro pasos (Ejecutar las medidas remedio, Revisar los resultados obtenidos, Prevenir la recurrencia y Concluir y evaluar lo hecho) se propusieron a los decisores del universo de entidades del sector empresarial de Cienfuegos; quienes introducen y generalizan los planes

de medidas, en correspondencia con los resultados del diagnóstico ambiental de cada una de sus organizaciones.

CONCLUSIONES

- El manejo de las aguas residuales en el universo de entidades investigadas del sector empresarial de Cienfuegos constituye un aspecto ambiental potencialmente impactante, en particular sobre la contaminación ambiental de las aguas y el suelo.

- Se propuso un plan de medidas técnico-organizativas y soluciones ingenieras, teniendo en cuenta opciones de Producción Más Limpia, para minimizar en las fuentes de origen la generación de la contaminación y reducir el consumo del recurso agua. Las principales medidas técnico-organizativas son de carácter documental, de cumplimiento de requisitos, de aplicación de buenas prácticas de operación y mantenimiento, y de caracterización y monitoreo de los residuales líquidos. Las principales soluciones ingenieras están relacionadas con diagnósticos tecnológicos, rehabilitación y mantenimiento, y el diseño y construcción de STR.

- Las medidas contribuirán a mejorar el desempeño ambiental de las organizaciones.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen las contribuciones técnicas de los coordinadores de la Gestión Ambiental Empresarial del universo de empresas del sector empresarial de Cienfuegos que participaron en la investigación.

REFERENCIAS

API (1990). "Monographs on Refinery Environmental Control-Management of Water Discharges Design and Operation of Oil-Water Separators". American Petroleum Institute (API), Volumen 421 de API Publication, API Publishing, pp. 43, ISBN: 978-9992927410. Washington, D. C., USA. Extraído de: https://p2infohouse.org/ref/39/38606.pdf en enero de 2010.

Awais M., Shafiq U., Mukhtar A. and Mehmood M. (2015). "Design of Industrial Gravity Type Separators for the Hydrocarbons and Heavy Oil-Water Separations". Research Journal of Chemical Sciences, Vol. 5 (9), pp. 72-75, ISSN: 2231-606X. Indore, India. Extraído de: https://www.researchgate.net/publicati on/282326383 en marzo de 2016.

CIGEA (2012). "Metodología para la ejecución de diagnósticos ambientales". Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). La Habana, Cuba. Documento Técnico, Inédito.

CITMA (2015). "Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020". Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). La Habana, Cuba. Documento Técnico. Extraído de: http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2727/1/Estrategia%20Ambiental%20Nacional%202016-2020.pdf en septiembre de 2016.

Conesa V. (2000). "Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental". 3a edición revisada y ampliada (reimpresión). ISBN: 84-7114-647-9.Ediciones Mundi-Prensa, Madrid-Barcelona-México.

García J. M., Gutiérrez J. B. (2016a). "La gestión de cuencas hidrográficas en Cuba". Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH.) ISBN 978-959-300-114-4. La Habana, Cuba.

García J. M., Gutiérrez J. B. (2016b). "Gestión de cargas contaminantes en corrientes superficiales aplicando la Norma Cubana NC-27:2012". Revista Voluntad Hidráulica, 115, pp 19-33, ISSN 0505-9461. La Habana, Cuba. Extraído de: https://www.hidro.gob.cu/sites/default/files/INRH/Publicaciones/Rev-115-INRH%202016.pdf en octubre de 2017.

Gutiérrez H. y De la Vara R. (2013). "Control estadístico de calidad y seis sigma", 3ra ed. Mc Graw Hill. ISBN: 978-607-15-0929-1. México D.F. Extraído de: https://www.researchgate.net/profile/Humberto_Gutierrez_Pulido/publication/278678991_2013ControlEy6Sigma3EdResumen2/links/55833af608aefa35fe30b889/2013ControlEy6Sigma3EdResumen2.pdf en noviembre de 2015.

Gutiérrez J. B., García J. M. (2017). "Guía técnica para la evaluación de la carga contaminante afluente a las aguas terrestres". Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH.) La Habana, Cuba. Documento Técnico, Inédito.

Hernández H. A., Pascual A. E. (2018). "Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental". Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Vol. 9 (1), pp. 157-163, ISSN 2145-6453, Bogotá, D.C., Colombia. Extraído de: https://doi.org/10.22490/21456453.2186 en enero de 2019.

ISO 14031 (2013). "Environmental management- Environmental performance evaluation – Guidelines". International Standard Organization (ISO). Ginebra, Suiza: Extraído de: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14031:ed-2:v1:en en diciembre de 2016.

ISO 19011 (2018). "Guidelines for auditing management systems". International Standard Organization (ISO). Ginebra, Suiza: Extraído de: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19011:ed-3:v1:en en febrero de 2019.

Terry C. C., Gutiérrez J. y Abó M. (2010). "Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental". 1ra ed. Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA). ISBN: 978-959-287-023-9. La Habana, Cuba: Extraído de: http://www.proyesc.cu/informes/Manejos_Aguas_residuales.pdf en septiembre de 2014.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Omar Gutiérrez Benítez https://orcid.org/0000-0002-3644-6245

Elaboró el protocolo de la investigación. Realizó el diagnóstico del manejo de las aguas residuales y el análisis causal. Elaboró el plan de medidas. Concibió, escribió y corrigió el manuscrito del artículo.

Regla María Alomá Oramas https://orcid.org/0000-0002-4827-9683

Participó en la elaboración del protocolo de la investigación. Realizó la identificación y evaluación de los impactos ambientales. Realizó la revisión y oponencia al manuscrito del artículo.

David Javier Castro Rodríguez https://orcid.org/0000-0002-7609-3229

Capacitó a los investigadores en el procedimiento de los ocho pasos para la solución de un problema. Participó en la elaboración del protocolo de la investigación. Participó en el diagnóstico del manejo de las aguas residuales y el análisis causal