

# Análisis de Residuos Peligrosos en el Laboratorio de Química del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán.

Rocío Crystal Guerrero Santana<sup>1</sup>, Norma Angélica Díaz Antillón<sup>2</sup>, Erika Consuelo Castillo Tapia<sup>3</sup>, Luis Gabriel González Vázquez<sup>4</sup>, César Antonio León Martínez<sup>5</sup>. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán Depto. Ciencias de la Tierra<sup>1,2</sup>, Depto. Económico Administrativas<sup>3</sup>, Depto. Ingeniería Industrial<sup>4</sup>, estudiante de Ing. Ambiental <sup>5</sup>.

**Resumen** - Esta investigación muestra la cuantificación de los Residuos Peligrosos generados y neutralizados en el Laboratorio de Química del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. Se busco identificarlos a partir de sus propiedades denominadas CRETIB, (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y los biológicos infecciosos). La información se recabo a partir de los formatos FRP (Formato de Residuos Peligrosos) y el IRRP (Informe y Registro de Residuos Peligrosos), este último apegado a la normatividad vigente con respecto al Procedimiento de Manejo y Control de Residuos Peligrosos del SGA (Sistema de Gestión Ambiental), conforme a la ISO 14001:2015. Se generaron un total de 36.74 Kg. de residuos peligrosos del 2015 al 2022, exceptuando 2020 y 2021 debido a la pandemia; de los cuales 18.24 Kg, representan aproximadamente un 50% del total que fueron neutralizados y el resto, 18.49 Kg. fueron entregados a una empresa externa dedicada al transporte y tratamiento de residuos, para su disposición final.

**Índice de Términos** - Residuo peligroso, gestión integral, sistema de gestión ambiental

**Abstract** This research shows the quantification of the Hazardous Waste generated and neutralized in the

Chemistry Laboratory of the Technological Institute of Ciudad Guzmán. An attempt was made to identify them based on their properties called CRETIB (corrosivity, reactivity, explosiveness, toxicity, flammability, and infectious biologicals). The information was collected from the FRP formats (Hazardous Waste Format) and the IRRP (Hazardous Waste Report and Registry), the latter attached to the current regulations regarding the Hazardous Waste Management and Control Procedure of the SGA (System of Environmental Management), in accordance with ISO 14001:2015. A total of 36.74 kg of hazardous waste was generated from 2015 to 2022, except for 2020 and 2021 due to the pandemic; of which 18.24 Kg, represent approximately 50% of the total that were neutralized and the rest, 18.49 Kg. were delivered to an external company dedicated to the transportation and treatment of waste, for final disposal.

**Keywords** - Hazardous waste, comprehensive management, environmental management system

## I. INTRODUCCIÓN

En la legislación mexicana, los residuos son clasificados como sólidos urbanos (RSU), de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP). Siendo estos últimos considerados así, debido a que pueden poseer una o más de las siguientes propiedades; corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y los biológicos

<sup>1</sup> L.C.B. Rocío Crystal Guerrero Santana Docente y Jefa del Laboratorio de Química del Departamento de Ciencias de la Tierra en el Tecnológico Nacional de México / IT de Cd. Guzmán, México. [rocio.gs@cdguzman.tecnm.mx](mailto:rocio.gs@cdguzman.tecnm.mx)

<sup>2</sup> M.E.C. Norma Angélica Díaz Antillón Docente y Jefa de proyectos de docencia del Departamento de Ciencias de la Tierra en el Tecnológico Nacional de México / IT de Cd. Guzmán, México. [norma.da@cdguzman.tecnm.mx](mailto:norma.da@cdguzman.tecnm.mx) (autor corresponsal).

<sup>3</sup>M.A. Erika Consuelo Castillo Tapia docente en Contabilidad del Departamento de Ciencias Económico Administrativas en el

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. [erika.ct@cdguzman.tecnm.mx](mailto:erika.ct@cdguzman.tecnm.mx)

<sup>4</sup>M.E.C. Luis Gabriel González Vázquez docente del Departamento de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México / IT de Cd. Guzmán, México. [luis.gv@cdguzman.tecnm.mx](mailto:luis.gv@cdguzman.tecnm.mx)

<sup>5</sup>César Antonio León Martínez estudiante de servicio social de Ing. Ambiental en el Tecnológico Nacional de México / IT de Cd. Guzmán, México. [L18290267@outlook.com](mailto:L18290267@outlook.com)

infecciosos, conocidas como CRETIB. La generación de las políticas ambientales apropiadas para la realización de una gestión y manejo adecuado de estos materiales de desecho corresponde al Gobierno Federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) [1]

En este sentido, la identificación de los residuos como peligrosos, de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT 2005, se puede realizar en base a diferentes criterios entre ellos; que el residuo esté comprendido en alguno de los listados incluidos en la Norma Oficial Mexicana antes referida, o bien, que posea alguna de las características de peligrosidad CRETIB o como última opción que contenga alguna sustancia considerada como peligrosa y que está supere los límites establecidos. [2].

Asimismo, los generadores de RP son clasificados en tres categorías en base a la cantidad que producen anualmente. Siendo considerados pequeños generadores quienes generen una cantidad menor a 400 kilogramos, los micro generadores son aquellos que producen una cantidad igual o mayor a 400 kilogramos, pero menor a 10 toneladas y los grandes generadores quienes su cantidad de residuos es igual o mayor a las 10 toneladas por año. Por otra parte, es importante considerar que las obligaciones establecidas en la legislación están en función del tipo de generador, siendo mayores para los grandes generadores. [3].

Adicionalmente a la caracterización y clasificación anterior, es indispensable que los residuos peligrosos sean sometidos a un manejo integral adecuado para disminuir los riesgos ambientales y a la población; para ello se deben realizar las actividades que comprenden ese proceso. Priorizando la reducción en la fuente y posteriormente de ser necesario pasar a las siguientes fases las cuales se enlistan a continuación; separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento, acopio y almacenamiento, transporte y como último recurso la disposición final en sitios autorizados.[4]

En las instituciones educativas, principalmente en las de nivel superior, se realizan una serie de actividades como parte del proceso de enseñanza aprendizaje o de investigación en donde se utilizan materiales que generaran como productos finales residuos peligrosos. Es importante considerar que las cantidades obtenidas de dichos residuos no son significativas al ser comparadas con el sector productivo.[5]. Sin embargo la variedad de sustancias utilizadas en las practicas educativas y de experimentación, principalmente en los laboratorios de química puede representar un riesgo importante para la salud y el medio ambiente si no son dispuestas de la forma adecuada.[6]

La legislación aplicable establece que la gestión integral de residuos corresponde a quienes los generan. Es por ello que algunas Universidades han ejecutado análisis del

manejo que realizan con sus residuos para posteriormente implementar procedimientos, programas y desarrollo de manuales o planes de manejo que aseguren el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en México [7]–[9]

En el Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán se ha implementado el Sistema de Gestión Ambiental conforme a la ISO 14001:2015/NMX-SAA-IMNC-14001-2015, teniendo como base cuatro objetivos ambientales; uso racional y eficaz del agua, uso racional y eficaz de la energía eléctrica, manejo integral de residuos sólidos urbanos y manejo integral de residuos peligrosos.[10].

## II. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto está integrada por cuatro fases como se muestra en la figura 1.



Fig. 1. Diagrama de flujo de la metodología realizada

### A. Registro

En esta fase cada uno de los docentes que asisten al Laboratorio de Química del ITCG a realizar prácticas con sus estudiantes, registra el tipo y cantidad de las sustancias utilizadas, y posteriormente al finalizar la actividad anota las cantidades de residuos generados y las características de estos, en base a lo estipulado en la NOM-052 SEMARNAT 2005.

### B. Cuantificación

Con la información generada de forma individual por los docentes en la fase anterior, se obtuvieron las cantidades de residuos generados de forma anual como resultado de la realización de prácticas de laboratorio.

### C. Análisis

Se realizó un análisis con el Software Excel de Microsoft Windows, para determinar los tipos y cantidades de residuos con mayor generación en base al CRETIB, así como determinar cuántos recibieron tratamiento directo en el laboratorio de Química y cuántos fueron enviados a una empresa externa, para realizar una disposición final adecuada.

D. Informe para disposición

Se realizó una compilación de los datos para realizar el llenado del formato “Informe y registro de residuos peligrosos” referencia a la norma ISO 14001: 2015 8.1 correspondiente al periodo de estudio 2015 –2022, de acuerdo con la información disponible en el Laboratorio de Química y exceptuando el año actual, debido a que no ha concluido, así como el 2020 y 2021, debido a la pandemia por COVID-19.

III. RESULTADOS

En esta actividad se obtuvo un listado de los reactivos utilizados para realizar las prácticas de laboratorio, así como de los productos que se generan como residuos y de la disposición final que le realiza el docente en base a las características que poseen. Este listado se registró en un libro Excel, para su posterior análisis. Se presenta en la figura 2, un ejemplo del formato para el registro de residuos peligrosos antes señalado, denominado en adelante FRP. Por otra parte, es importante indicar que este formato se implementó a partir del año 2015.

Formato de registro de residuos generados por práctica (FRP) con campos para datos de la práctica, descripción de materiales, manejo de sustancias, reactivos y residuos.

Fig. 2. Formato de registro de residuos generados por práctica (FRP)

La gráfica elaborada a partir de los registros del FRP se muestran en la Fig.3, estudio para determinar la tendencia en los tipos de residuos con mayor generación; la cual incluye únicamente los datos provenientes de seis años, es decir, del 2015 al 2019 y del 2022.

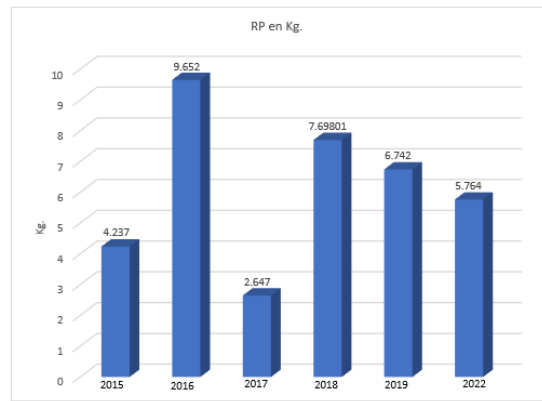


Fig. 3. Cantidad de RP generados a partir del FRP

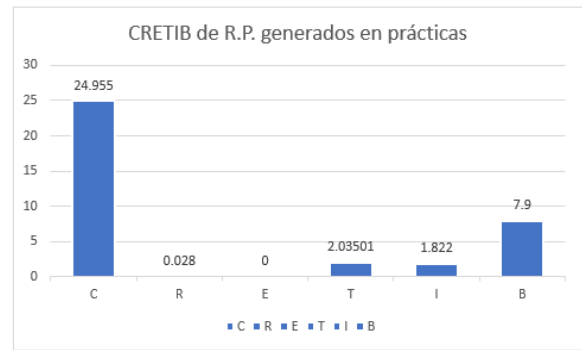


Fig. 4. Residuos generados de acuerdo con el código CRETIB

Como un segundo resultado, se generó la caracterización de los residuos generados durante las prácticas de laboratorio. Como se puede observar en la Fig. 4, existe una tendencia, a generar una mayor cantidad de RP de tipo Corrosivos, en primer lugar y, en segundo lugar, de tipo biológico- infeccioso. Asimismo, se aprecia en la figura antes citada, que en general, no existen sustancias con características de explosividad.

Asimismo, también es importante identificar no sólo los residuos generados, sino también, los que se neutralizan. Como se aprecia en la Fig.5, se generaron un total de 36.74 Kg. de residuos peligrosos, de los cuales 18.24 Kg, representan aproximadamente un 50% del total que fueron neutralizados y el resto, 18.49 Kg. fueron entregados a una empresa externa dedicada al transporte y tratamiento de residuos, para su disposición final.

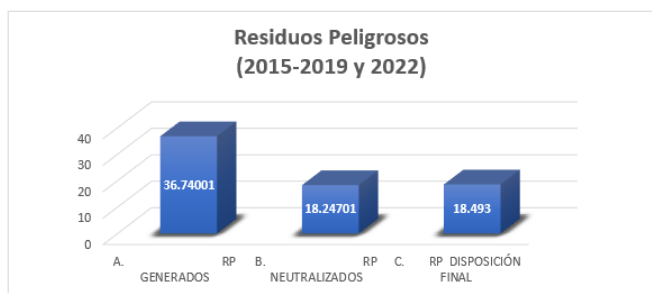


Fig. 5. Residuos Totales generados.

Adicionalmente, en la Fig. 6 se muestran los resultados para el total de RP en tres etapas, después de la realización de la práctica, posterior a la neutralización y finalmente con los RP que se envían a disposición final con una empresa externa certificada. De acuerdo con los datos presentados, se tiene que la mayor cantidad de residuos neutralizados son en primer lugar, los Corrosivos, y en segundo lugar los Biológico – Infecciosos, lo cual beneficia en la minimización de los impactos y los costos por el tratamiento de los residuos.

CODIGO CRETIB	RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS (Kg.)	RESIDUOS PELIGROSOS NEUTRALIZADOS (Kg.)	RP PARA DISPOSICIÓN FINAL (Kg.)
C	24.955	8.597	16.358
R	0.028	0	0.028
E	0	0	0
T	2.035	1.128	0.907
I	1.822	0.622	1.2
B	7.9	7.9	0

Fig. 6. Tendencia de RP de acuerdo con el Código CRETIB.

Es trascendental señalar que además de la importante neutralización de los RP, ello no sólo contribuye con el cumplimiento de las metas del SGA, sino que también en el mantenimiento de la categoría como micro generadores de RP.

En la Fig. 7, se presentan los resultados de los informes semestrales de residuos peligrosos, que provienen del formato denominado Informe y Registro de Residuos Peligrosos, Código: TecNM-GA-PR-06 -01, del Sistema de Gestión Ambiental, con Referencia a la Norma ISO 14001: 2015, en adelante denominado IRRP. En la misma, se observa que, durante el año 2022, existe un notable incremento en la cantidad de RP generados, el cual se debe a las acciones de eliminación de envases vacíos, sustancias caducadas y/o en envases inadecuados, así como de sustancias hidratadas.

En esta fase, es importante señalar que los datos analizados provienen de los registros del 2015 al 2022 y al igual que el análisis en la fase anterior, se despreciaron tanto el año 2020 como el 2021, debido a los resultados

atípicos debido a la pandemia por COVID-19, así como el presente año debido a que aún no culmina.

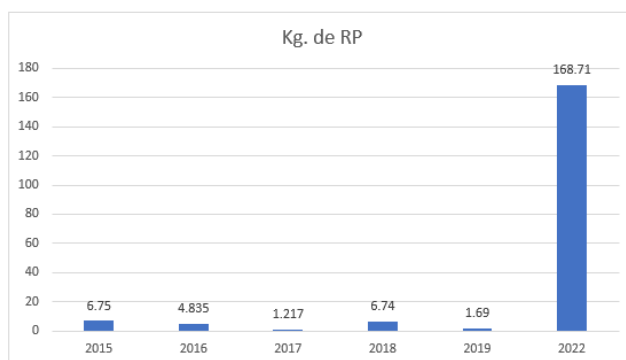


Fig. 7. Cantidad de RP generados del 2015 al 2022 de registros en el IRRP

Si se contrastan los resultados de ambos formatos, se encuentran algunas diferencias, debido a que en el FRP se consideran los residuos generados en las prácticas de laboratorio y en el IRRP se consideran los residuos entregados a la empresa que en algunos años disminuye debido a que se les dio tratamiento “in situ” y en el caso de 2015 y 2022 se incrementa debido a que adicionalmente a los residuos generados en las prácticas se desecharon reactivos de laboratorio caducos, ver figura 8.

Año	Cantidad de residuos en FRP (Kg)	Cantidad de residuos en IRRP (Kg)
2015	4.237	6.75
2016	9.652	4.835
2017	2.647	1.217
2018	7.69801	6.74
2019	6.742	1.69
2022	5.764	168.71

Fig. 8. Comparativo de residuos registrados en FRP y en IRRP

En este sentido y de acuerdo con el Anexo 5, con Código TECNM-GA-MA-A05 del SGA conforme a la ISO 14001:2015, se cumplió en un 50%, la meta establecida que indica se debe disminuir la generación de los Residuos Peligrosos en un 4% de la cantidad informada el año inmediato anterior, de acuerdo con ambos formatos.

El caso del año 2018, se explica el incremento debido a la realización de un mayor número de prácticas y por lo tanto a una mayor generación de residuos. Adicionalmente, en el año 2022 se realizó una

actualización del inventario y se dispusieron aquellas sustancias tanto caducas, como hidratadas. Asimismo, se dispusieron sustancias, que, de acuerdo con los registros, no se han utilizado en los últimos 10 años y que representaban más un riesgo el mantenerlas en el inventario, dado que, de acuerdo con los registros, no son requeridas para las prácticas.

#### IV. CONCLUSIÓN

En general, el cumplimiento de la meta del SGA es aceptable, debido a que cuando se ha incrementado la cantidad de RP dispuestos, ha sido por actualizaciones del inventario y a un incremento en el número de prácticas realizadas; lo que hace necesario continuar con las recomendaciones a los usuarios del Laboratorio de Química, para generar la menor cantidad de residuos, específicamente de los corrosivos, que son los generados y entregados para disposición final en mayor porcentaje. En este sentido, es necesario destacar que, se ha realizado una adecuada gestión de estos, no sólo a la poca frecuencia de los incrementos anuales, sino también como se mostró en la Figura 5, las acciones de neutralización han contribuido en gran medida a que el número de kilogramos dispuestos y caracterizados como RP, representa sólo el 50% del total de los residuos generados. Se concluye, por lo tanto, que el estudio de la identificación, manejo y disposición de RP es indispensable para realizar una evaluación de la implementación del SGA en cualquier institución, lo cual podría extenderse para conocer los alcances y limitaciones de los otros tipos de residuos tales como RSU y otros aspectos ambientales considerados conforme a la ISO 14001:2015/NMX-SAA-IMNC-14001-2015.

#### REFERENCIAS

- [1] “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”. Consultado: el 21 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/html/wo83193.html>
- [2] “NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasifica”. Consultado: el 4 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/1055/SEMARNAT/SEMARNA.htm>
- [3] V. F. Quesada, “Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”.

- [4] “CD002173.pdf”. Consultado: el 17 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD002173.pdf>
- [5] J. M. R. Rincón y L. E. P. Prieto, “Gestión de residuos químicos en instituciones educativas”, *Revista Científica*, núm. 10, Art. núm. 10, 2008, doi: 10.14483/23448350.297.
- [6] O. A. Palacios y C. A. Cantor, “El manejo de residuos peligrosos en el entorno escolar como contribución para un ambiente sostenible. Abordaje mediante unidades didácticas.”.
- [7] C. I. Figueroa Beltrán, Plan de manejo de residuos peligrosos generados por los laboratorios de química del área básica de la Universidad de Sonora (URS), sus efectos a la salud y medio ambiente. Universidad de Sonora, 2015. Consultado: el 21 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/2038>
- [8] “OEJRM03T.pdf”. Consultado: el 21 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://riia.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2161/OEJRM03T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [9] “Residuos peligrosos (RP)”, Secretaría de Sustentabilidad. Consultado: el 21 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://sds.uanl.mx/residuos-peligrosos-rp/>
- [10] “ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental”. Consultado: el 6 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cdguzman.tecnm.mx/sgcicg/sistemas-de-gestion/ambiental/14001.html>