

# MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS (PILAS ALCALINAS, DE BOTON DE PC, BATERÍAS DE PORTÁTILES Y CELULARES USADAS) DE LA UNIVERSIDAD. JIPIJAPA-MANABÍ-ECUADOR

## MANAGEMENT OF HAZARDOUS WASTE (ALKALINE BATTERIES, PC BUTTON BATTERIES, USED LAPTOP BATTERIES AND CELL PHONES) AT THE UNIVERSITY. JIPIJAPA-MANABÍ-ECUADOR

Antonio Isaac Guerrero Cantos <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Manabí. Ecuador

Carlos Alberto Castro Piguave <sup>2\*</sup>

<sup>2</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Manabí. Ecuador. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3180-2359>.  
Correo: [carlos.castro@unesum.edu.ec](mailto:carlos.castro@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [carlos.castro@unesum.edu.ec](mailto:carlos.castro@unesum.edu.ec)

### Resumen

Teniendo en cuenta los efectos negativos y la disposición inadecuada de pilas y baterías al ambiente como fuentes de contaminación con metales pesados se desarrolló esta investigación en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Se empleó un proceso de encapsulamiento de pilas alcalinas de AA; AAA, de botón de PC, baterías de portátiles y celulares generados en los distintos departamentos, oficinas y en las diferentes aulas de cada carrera, para reducir la contaminación ambiental. Se realizó una orientación cuantitativa y una base investigativa de carácter bibliográfico, como también la ayuda de una metodología descriptiva e investigación de campo. Además se usó una encuesta como instrumento de recopilación, donde se pudo detectar el tipo de información que existe en el área de trabajo sobre el enorme daño que causan estas pilas y baterías desechadas de manera incorrectas. Los resultados destacaron que la población de estudio tiene conocimientos sobre la importancia del reciclaje, recolección y el correcto manejo que se les debe dar a los desechos más comunes. Sin embargo, no ponen su conocimiento en práctica porque no conocen la existencia de espacios reservados para el acopio de esta clase de residuos. A partir de este proyecto se pudo establecer un acuerdo para concienciar en el tratamiento y reciclaje de estos agentes contaminantes como son las pilas alcalinas, siendo este un paso de avance para lograr universidades verdes, respetuosas con el medio ambiente.

**Palabras clave:** desechos peligrosos; tecnología obsoleta; baterías; contaminación; encapsulación; medio ambiente.

### Abstract

*Taking into account the negative effects and the inadequate disposal of cells and batteries in the environment as sources of contamination with heavy metals, this research was developed at the State University of South Manabí. An alkaline AA battery encapsulation process was used; AAA, PC button, laptop and cell phone batteries generated in the different departments, offices and in the different classrooms of each career, to reduce environmental pollution. A quantitative orientation and a bibliographic research base were carried out, as well as the help of a descriptive methodology and field research. In addition, a survey was used as a collection instrument, where it was possible to detect the type of information that exists in the work area about the enormous damage caused by these incorrectly discarded batteries and batteries. The results highlighted that the study population has knowledge about the importance of recycling, collection and the correct handling that should be given to the most common waste. However, they do not put their knowledge into practice because they are not aware of the existence of spaces reserved for the collection of this type of waste. From this project it was possible to establish an agreement to raise awareness in the treatment and recycling of these polluting agents such as alkaline batteries, this being a step forward to achieve green universities, respectful of the environment.*

**Keywords:** e-waste; outdated technology; batteries; pollution; encapsulation; environment.

**Fecha de recibido:** 25/08/2022

**Fecha de aceptado:** 14/010/2022

**Fecha de publicado:** 15/10/2022

### Introducción

Actualmente la recogida y eliminación de los residuos producidos como resultado de la actividad del hombre, son un problema que amenaza el medio ambiente. Los residuos de pilas y baterías son altamente tóxicos y peligrosos. A nivel mundial las pilas alcalinas son tratadas de muchas maneras ya que están siempre recicladas por las mismas empresas que producen estas pilas alcalinas, para evitar los contactos con el medio ambiente.

Se ha demostrado que la exposición al nivel local del mercurio ocasiona irritación de la piel, mucosa y es sensibilizante de la piel, en dosis bajas produce debilidad, pérdida de peso, diarrea, inflamación de encías, fatiga, sabor metálico, insomnio, indigestión, siendo estos algunos de los principales efectos de los metales pesados en la salud humana. Como parte de los acuerdos de protección y conservación del medio ambiente, los gobiernos desarrollan programas para la recolección de residuos domésticos peligrosos, incluyendo aquellos productos que contienen desechos peligrosos, como es el caso de los desechos tecnológicos.

En los países en desarrollo donde aún existe un porcentaje considerable de la población con escasos recursos económicos para dotar y administrar los servicios básicos a la población, como son la electricidad, agua

potable, recolección de residuos sólidos, etc. La carencia de recursos económicos, junto con la creciente demanda de la población por servicios, ocasiona que estos sectores enfrenten serios problemas para administrar y planear adecuadamente la gestión de los residuos sólidos, lo cual se refleja en sistemas de aseo público deficientes para recolectar, tratar y disponer los residuos sólidos que se generan en sus circunscripciones territoriales.

De acuerdo con (Alonso Alzate Salazar et al., 2017) existe una gran cantidad de pilas desechadas que ocasionan un daño grave al medio ambiente, debido a sus componentes tóxicos los cuales afectan directamente las aguas subterráneas entre otras consecuencias. Un elemento que ha sido descuidado en la actualidad es el manejo adecuado a las pilas alcalinas. La gran mayoría llegan a rellenos sanitarios en donde estas al pasar del tiempo liberan compuestos tóxicos, por otro lado, una pequeña parte es recolectada, agrupada en contenedores y luego sepultada siendo esto un problema aún mayor.

Existe una gran cantidad de pilas o baterías que cumplieron su vida útil, y que se desechan en los sectores de las universidades del Ecuador. Sin embargo, según la observación del autor durante todo este tiempo que se ha venido estudiando este caso, no se ha identificado un lugar de almacenamiento o de recolección de pilas usadas las cuales son muy contaminantes al ser arrojadas a lugares que tomen contactos con el suelo y agua. Conociendo que estos tipos de dispositivos acumuladores de energía conocidos como las pilas, generan un bajo voltaje de energía eléctrica al ser estas transformadas bajo una reacción química, quiero decir que la energía química se vuelve eléctrica. Hace mucho tiempo que las inventaron hasta ahora han venido teniendo buena acogida en el mercado mundial y han permanecido en la vida diaria como una fuente de energía móvil.

Las grandes fábricas a nivel mundial han empezado a fabricar una amplia gama de pilas y baterías de distintos tipos, formas, colores y composición. En cada familia se está utilizando distintos tipos o modelos de pilas o baterías ya que en cada hogar se encuentran muchos aparatos que son movidos con estos dispositivos recargables o acumuladores de energía. En un tiempo no muy lejano existirá el aumento de este consumo y será muy masivo ya que han sido miniaturizados y cada día para hacer funcionar los aparatos electrónicos y eléctricos que se utilizan en el sector doméstico y empresarial.

La investigación realizada en el campus universitario denota que se le atribuye muy poca importancia a las regulaciones y procedimientos de almacenamiento de estos dispositivos de energía cuando terminan su vida útil, dónde van hacer depositados; o sí existirá un lugar de acopio; o sí las fábricas volverán a recibir sus dispositivos, siendo esta una opción lógica y viable, ya que al hacer un estudio de estos dispositivos de almacenamiento de energía se ha llegado a comprobar que son elementos muy tóxicos. Una vez terminada su vida útil, estas son lanzadas al mismo lugar que la basura común ya que se juntan con envolturas y líquidos dando ventaja al deterioro de las carcasas ocasionando que se riegue el lixiviado de los líquidos contaminantes de las pilas y baterías usadas.

Cabe destacar que uno de los principales contaminantes del medio ambiente se provoca por los botaderos de pilas y baterías usadas a los basureros a cielo abierto donde no reciben ningún tipo de tratamiento. Una vez que estén en el suelo, estas se mezclan con todos los demás desperdicios, es cuando la carcasa sufre desgastes

y deja escapar los líquidos compuestos de la pila y produce la contaminación junto al líquido del lixiviado que se produce. Las lluvias y todo tipo de elemento acuoso que encuentre a su paso se van mezclando ya que si cae a la tierra, esta queda totalmente contaminada y no podrá reproducirse ningún tipo de plantas en ese lugar. La contaminación del agua es uno de los riesgos más peligrosos. Las pilas tienen un alto poder para contaminar, ya que los químicos con las cuales están fabricadas son muy tóxicos. Y si son quemadas el humo que salen de estas subirán hacia las atmosferas y quedarán contaminadas, y esta a su vez crearán las famosas lluvias acidas.

La comunidad universitaria es muy grande, es por eso que cada estudiante, docente o persona en general que deseché pilas o baterías, debe desarrollar conciencia para no botarlas de una manera desordenada, sino tratando de recolectarla de una manera que estas se encuentren protegidas de la humedad y el calor.

Unos de los principales problemas que existe aquí en la ciudad de Jipijapa, es la recolección de desechos sólidos. Los grandes cambios que la tecnología viene realizando, transforma a los pueblos subdesarrollados y los convierte en grandes productores de fuentes de actividades positivistas. La Universidad Estatal del Sur de Manabí como ente de desarrollo está enmarcada con gran entusiasmo con sus 17 Centros de cómputos, 58 Departamentos, oficinas, áreas y 13 Direcciones de Carreras, todas estas con equipos de última tecnología y con accesorios como teclados, mouse y cases que son alimentados con dispositivos recargables o acumulador (2A,3A, de botón y baterías de celulares) pilas o baterías que al finalizar sus cargas no hay un lugar donde ubicarlas para su periodo final, sin mencionar que la universidad está adquiriendo una gran cantidad de aparatos tecnológicos para mejorar las necesidades y demandas de los estudiantes.

Las pilas son lanzadas con el resto de la basura y las llevan al botadero municipal, por el cual estas se mezclan con diferentes líquidos. Es precisamente allí donde sufren la corrosión de sus capas primarias, produciéndose el derramamiento del electrolito interno, impulsando los metales pesados a derramarse. Los componentes tóxicos se liberan a los suelos, aguas superficiales y subterráneas.

En el presente trabajo se dará a conocer el alto grado de peligrosidad que representan los dispositivos recargables o acumuladores para el medio ambiente, y por consiguiente, para la salud. En Ecuador, han empezado hacer conciencia de este alto contaminante con pequeñas campañas, en comparación a otros países que han creado leyes y normas para los consumidores de estos productos. Por lo que el presente trabajo es investigar qué se hace con los dispositivos recargables o acumuladores en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. De manera que el resultado de esta investigación sirva para crear políticas, procedimientos, proyectos y acciones para evitar la contaminación ambiental a partir de desechos tóxicos.

Teniendo los antecedentes en el cual se incluye el planteamiento del problema, justificación, objetivos e hipótesis que permiten proyectar este proceso investigativo, brindando pautas para su ejecución. Una de las principales acciones que se respaldan con esta investigación, es la creación de un monumento dentro de la Universidad para que este sirva como un lugar de acopio de las pilas y baterías usadas, y de esta forma evitar una mayor contaminación ambiental en este establecimiento educativo como es nuestra Universidad.

Otra de las acciones ecológicas derivadas de la investigación, es realizar un proyecto para el “Manejo eficiente de desechos peligrosos: pilas alcalinas, botón de pc, baterías de portátiles y celulares de la Universidad.” ya que el aumento de las tecnologías como complemento del proceso de enseñanza aprendizaje, requiere un alto grado de compromiso, regulación, conciencia y respeto por el planeta, siendo necesario crear e innovar acciones que permitan desechar ecológicamente la tecnología obsoleta o deteriorada que ya no sea usada.

A partir de los elementos expuestos se define como problema de la investigación: ¿Existe relación entre el manejo de desechos peligrosos (pilas alcalinas, botón de PC, baterías de portátiles y celulares) en la Universidad Estatal del Sur de Manabí en Ecuador? Siendo el objetivo general: Cuantificar la relación que existe entre el manejo de desechos peligrosos (pilas alcalinas, botón de PC, baterías de portátiles y celulares) en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Para alcanzar el objetivo general, se han definido los siguientes objetivos específicos:

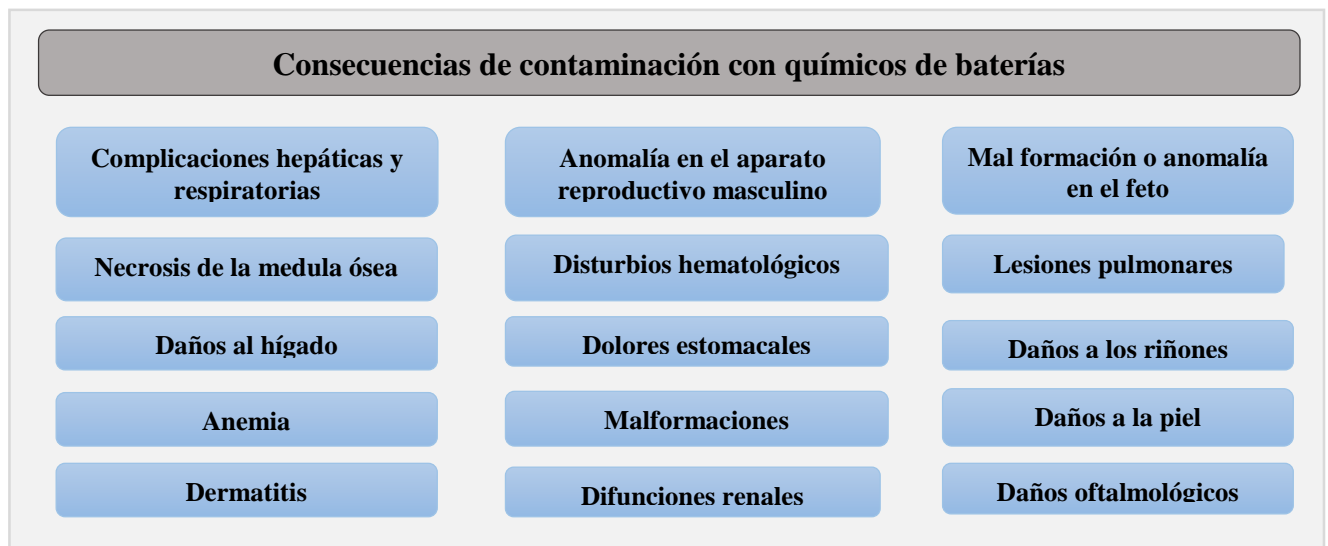
- Determinar la cantidad o volumen de manejo de desechos peligrosos (pilas alcalinas, botón de PC, baterías de portátiles y celulares) de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Identificar los impactos ambientales que contribuyen al deterioro de la salud y del ambiente por la mala disposición de estos dispositivos.
- Proponer un instructivo para la gestión integral de pilas usadas.
- Identificar la contaminación generada por el manejo inadecuado de desechos peligrosos en la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario consultar verbalmente a diferentes trabajadores para que pudieran aportar ideas sobre esta investigación y analizar ¿cómo se realiza el proceso de desecho de los dispositivos acumuladores o recargables, conocidos como pilas o baterías usadas? Las respuestas preliminares corroboraron que en la Universidad no existe un lugar adecuado para almacenar este tipo de desecho sólido peligroso. Además, se explicó que en ningún lugar de Jipijapa se iba a encontrar un lugar de acopio de pilas usadas; mucho menos consta un registro estadístico sobre la cantidad de pilas o baterías, que existen en el mercado, ni la cantidad de venta al público, lo que me motivó a realizar un sondeo por toda la universidad realizando un cuestionario para levantamiento de los datos.

En esta investigación se tomó como referencia diferentes conceptos de autores que a lo largo de la historia han venido desarrollando grandes investigaciones sobre los distintos procesos, causas, consecuencias y destino final de las pilas y baterías usadas. La investigación documental sirvió para adoptar definiciones que sustentan esta investigación.

Se denomina pila a aquel sistema que transforma la energía producida en una reacción química en energía eléctrica. Según (Castillo & Reyes-Castillo, 2003) las baterías son un conjunto de pilas en serie o en paralelo, para poder obtener el voltaje deseado. Generalmente las personas no distinguen entre los términos batería y pila. En este trabajo se hablará de pilas y baterías en general, pues la clasificación determinada se basa en los componentes internos de éstos sistemas.

De acuerdo con (Beltrán Cely, 2013), las pilas actualmente son una fuente de energía, así como fuente de contaminación, ya que estos pequeños dispositivos en su interior tienen una capacidad suficiente de químicos que serían capaz de acabar con nuestro ecosistema; si no las utilizamos con responsabilidad o siguiendo las prácticas y protocolos recomendadas por los expertos. Los referentes científicos han afirmado que los efectos nocivos de estas pilas en la salud de las personas son múltiples. Los accidentes, descuidos y contaminaciones no conocidas han provocado un contacto directo de las personas, siendo necesario conocer la cantidad que ingiere la persona, y diagnosticar el tipo de metal que ingresó al cuerpo, ya que estos mismos ocasionarían diferentes tipos de cáncer y enfermedades tal como muestra la figura 1.



**Figura 1.** Enfermedades provocadas por la contaminación con pilas y baterías.

Las formas de desechar las pilas y baterías son muchas:

- Las pilas se pueden depositar en botellas de bebidas secas y sellarlas agregándole cal con sus respectivas etiquetas, ya que esto no permite que sus gases tóxicos escapen y generen contaminación.
- Las pilas no se deben mezclar nuevas con usadas ya que podrían dañarse y ser aún más tóxicas.
- Las pilas no se deben mezclar nuevas con usadas ya que podrían dañarse y ser aún más tóxicas.

(Beltrán Cely, 2013) menciona que las pilas son contaminantes que están dispuestas a dañar la salud del ser humano y son capaces de contaminar hasta 600.000 litros de agua comparado con la cantidad del gran volumen de venta, aunque las comunidades las utilizan cada día con más frecuencias porque son muy útiles para sus actividades, sería muy necesario si las reemplazamos con aparatos que sean solo de energía eléctrica.

En cada uno de nuestro hogar existen pilas que utilizamos a diario en diferentes accesorios electrónicos hasta incluso en los distintos juguetes de los niños, en ocasiones encontramos pilas desgastadas por alguna parte de nuestras casas expuestos a que puedan recoger los niños menores y se la echen a la boca ocasionándoles

diferentes tipos de daños estomacales he infecciones por toxicidad, y si la lanzamos a la basura común esta será un arma mortal ya que podrá contaminar todo lo que toque a su alrededor.

Sucede que las personas tampoco colaboran a reducir el impacto negativo que ocasiona la acumulación de basura; mucha gente ya tiene conocimiento sobre el reciclaje de basura común pero hacen caso omiso a las advertencias que se presentan en cada campaña generadas por diferentes instituciones hacia la comunidad.

El tratamiento de pilas y baterías es un caso muy especial ya que son basuras toxicas y hacen daño al medio ambiente es por aquello que es muy necesario reciclarlas de una manera exclusiva y técnica para mitigar en algo la contaminación asimismo se debe de concienciar en campañas masivas a los habitantes como son los niños y jóvenes y pueblo en general para crear conciencia en la población y así cada uno colaboramos ayudando a preservar los recursos naturales y el equilibrio ambiental para poder disfrutar de todos los beneficios que nos ofrece la madre naturaleza.

Las pilas se presentan en dos clases: primarias y secundarias. Las pilas primarias es el efecto de una reacción química irreversible, así que estas no son recargables tienen una sola vida. Las pilas pueden estar compuestas por:

- Carbón-Zinc
- Óxido de plata
- Óxido de mercurio
- Cloruro de zinc

En el mercado existen infinidades de tipos de pilas pero aquí en nuestro medio venden de las que se anotó, además también existen las pilas tipo botón que estas se utilizan en los relojes, calculadoras, cámaras fotográficas, en las computadores, entre otros.

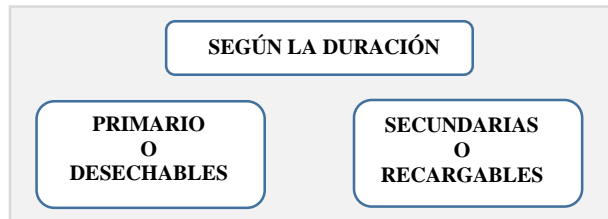
Tanto en las primeras como en las segundas contienen un alto porcentaje de metales contaminantes los cuales se vuelven muy nocivas las cuales son peligro potencial y sustancias muy nocivas para la salud humana y el ecosistema.

Estas pilas o baterías una vez terminada su vida de utilidad, continúan produciendo energía por sus metales pesados los cuales son muy tóxicos para los seres humanos cuando se vuelven oxidadas, estas sufren una transformación por la acción climática y por la fermentación de la cantidad de basuras como es la orgánica una vez elevada su temperatura de un lapso de 70 °C. Creando un ambiente en el suelo con un pH muy ácido.

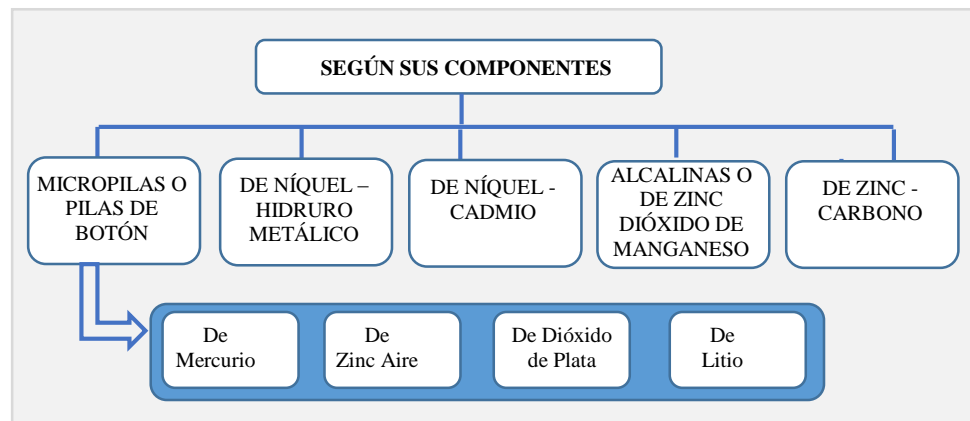
Cabe recalcar que las pilas no se desgastan de manera espontánea sino que una vez tocando el agua los iones metálicos que contienen aquel liquido viscoso de alta concentración metálica en la cual toma el nombre como lixiviado.

## Clases de pilas

Las pilas se pueden clasificar de acuerdo a varios parámetros como la duración o sus componentes:



**Figura 2.** Clasificación de las pilas según la duración.



**Figura 3.** Características de las pilas según sus componentes.

(Luis José Alamprese) "Esto es un dobleblock, está construido con pilas desactivadas y es cien veces más resistente que un ladrillo común, con el que se pueden fabricar desde bancos escolares hasta una casa de dos pisos", dice Luis José Alamprese y muestra un bloque gris de 25 por 10 centímetros. "Cuando una pila es nueva es una fuente de energía, una amiga poco menos que indispensable para el hombre moderno. Pero sus restos, cuando ha sido usada, contaminan el agua y pasan a ser un agente francamente inquietante, hasta tal punto que una ley nacional, la 24.051, la declara residuo peligroso. Según datos de investigaciones de Greenpeace y del laboratorio de Obras Sanitarias de Mar del Plata, una pila común contamina 3000 litros de agua; una alcalina, 175.000 litros, y una tipo botón, 600.000 litros (Müller & Rommel, 2010).

## Tipos de pilas

Según el tipo, las pilas se pueden clasificar de la siguiente manera:

**Pila tipo Zn-C Leclanche:** El modelo de una pila seca fue inventado por el químico francés Georges Leclanché alrededor de 1860. Está formada por un electrodo cilíndrico de zinc y otro electrodo de barra de carbono, así como de una celda de arcilla y un recipiente de vidrio. Cuando está rellena, la pila de Leclanché suministra una tensión de aprox. 1,5 V.

Los efectos en la salud: El cuerpo humano contiene aproximadamente 2.3 g de cinc, el cinc tiene valor alimenticio como elemento traza sus funciones incluyendo principalmente procesos enzimáticos y replica de ADN.

La hormona insulina contiene cinc y desempeña un papel fundamental en el desarrollo sexual. Un consumo inferior de 2 – 3 g, previene las deficiencias y sus efectos. El cuerpo humano solo absorbe del 20 – 40 % del cinc presente en la comida, así que mucha gente bebe agua mineral rica en cinc. Los síntomas causados por la carencia del cinc son la pérdida del gusto y la falta de apetito.

Ni-Cd		
<b>Ánodo:</b> Cadmio <b>Cátodo:</b> Níquel	<b>Usos:</b> Teléfonos Inalámbricos Celulares	<b>Formas:</b> Botón Cilíndricas

**Figura 4.** Caracterización fisicoquímica de los materiales activos presentes en pilas gastadas del tipo Ni-Cd segregadas de un lote de pilas desechadas en la ciudad de Caracas.

Se presentan los resultados de un muestreo realizado a un lote de 2,5 toneladas de pilas domésticas gastadas, recogidas en la ciudad de Caracas entre 2011 y 2012. El estudio se centra en la fracción que de dicho lote representan las pilas Ni-Cd, las cuales destacan por su elevada toxicidad. La caracterización fisicoquímica arrojó que en el material catódico el elemento mayoritario es níquel (57 % m/m), principalmente en la forma de Ni y Ni(OH)<sub>2</sub>, mientras que en el material anódico se encontró que el elemento mayoritario es el cadmio (65 % m/m), bajo la forma de Cd(OH)<sub>2</sub>.

**Cadmio.- metal tóxico, cancerígeno:** Se estima que casi  $\frac{3}{4}$  partes del cadmio, es empleado en la fabricación de baterías de níquel-cadmio, por lo que es éste su principal uso. El cadmio (Cd) es uno de los metales pesados más tóxico. El cadmio es un metal de transición altamente tóxico a niveles de exposición muy bajos y tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud de las plantas, animales, seres humanos y todos los seres vivos en general.

El cadmio es un metal pesado, el cual se ubica dentro de la tabla periódica en el grupo 12 entre la Plata y el Indio. Su número atómico es 48, su masa atómica es de 112,411 y se representa con el símbolo Cd. El cadmio es un elemento poco abundante en el planeta y generalmente se obtiene como un subproducto del Zinc, elemento con el cual comparte algunas propiedades. El uso más común de este elemento es en la fabricación de baterías de cadmio y níquel.

### Usos y aplicaciones

Distintos compuestos de cadmio se empleen para crear pigmentos de distintos colores y reactivos químicos. Estos generalmente se aplican a vidrios, porcelanas y pinturas fluorescentes. Hace algunas décadas, el cadmio se empleaba para algunos componentes de la pantalla de televisores.

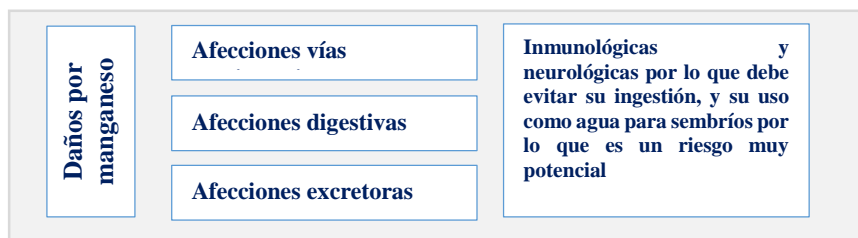
En la fabricación de plásticos como el PVC y el PHD, se usa el cadmio como estabilizador. De esta manera se evita la rápida degradación de estos materiales frente a la exposición a los rayos solares y la intemperie. Algunas fábricas dedicadas a la construcción de alarmas de seguridad contra incendios, utilizan aleaciones de cadmio para crear fusibles térmicos que se activen a temperaturas concretas.

Desde el inicio de la Era Industrial, y especialmente después de la II Guerra Mundial, el hombre vive expuesto a cada vez más contaminantes y ha enfrentado grandes desastres ambientales, como Minamata, Bophal y Chernovyl. El cadmio es un tóxico que produce contaminación ambiental e industrial y, en el ser humano, causa alteraciones a nivel enzimático, renal, respiratorio y digestivo, con el agravante de tener una vida media muy prolongada. Para enfrentar el problema deberíamos hacer un inventario de las principales fuentes de contaminación industrial, en metalurgia principalmente, para fiscalizarlas. De otro lado, es necesario proteger al trabajador, aplicando los criterios de valores límites umbrales (TLVs) e indicadores biológicos de exposición (BEIs), acordes con el actual estado del conocimiento.

Mujeres embarazadas expuestas al Cadmio crean afecciones seria, presencia de irritación gastrointestinal, náuseas, vómitos y dolor. Puede llegar a la intoxicación crónica, daños renales, acumulación en los riñones. Disminución a la actividad pulmonar, que produce enfisema, y cáncer a los pulmones (Cornelio & Marzo, 2021).

La pila alcalina de zinc-dióxido de manganeso, llamada también pila alcalina, debe su nombre a sus dos electrodos. El ánodo es de dióxido de manganeso mientras que el cátodo es de zinc. El formato que se usa más es el formato cilíndrico (LR03, LR06, LR14, LR20).

El manganeso, en forma de dióxido, también es utilizado en la fabricación de pila, por lo que es otro contaminante más de los suelos. Elementos que al ser arrastrado por lixiviación, contaminan los mantos freáticos poniendo en riesgo la agricultura y la salud humana (Mar Cornelio et al., 2020). Estudios médicos han demostrados que el consumo frecuente de agua o alimentos contaminados con elementos como el manganeso, ocasionan diversas afecciones en:



**Figura 5:** Daños por manganeso.

En animales de experimentación se ha señalado su papel en la inducción de efectos mutagénicos, alteración teratogénicas (Cornelio et al., 2017), así como el ser potenciales cancerígenos (Perkins et al., 2014). En el primer caso la manifestación más evidente es cuando en alguna manera alteran el material cromosómico, ya sea a través de rompimientos cromosómicos o de intercambio cromatídicos.

La clasificación recomendada que dicta La Asociación Europea de Baterías Portátiles (EPBA en inglés) propone el reciclaje de las pilas para recuperar los metales que éstas contienen. No obstante, antes de llevar a cabo la etapa de reciclaje de éstas, es necesario clasificarlas según sus componentes químicos. La clasificación puede ser realizada manualmente, automática o semiautomáticamente en los siguientes tipos:

- ✓ Pilas alcalinas de manganeso y pilas de zinc-carbón.
- ✓ Baterías de níquel-cadmio y de níquel metal hidruro.
- ✓ Baterías recargables de ion litio.
- ✓ Baterías de plomo-ácido.
- ✓ Pilas botón.

Además de los electrodos y el electrolito de las baterías, se encuentran otros metales en concentraciones muchos menores, éstos tienen la función de inhibir reacciones indeseadas en el dispositivo. En (Nnorom & Osibanjo, 2008) se plantea que una tonelada de basura, es lo que arroja al año una familia promedio de cuatro miembros, entre la cual están incluidos los residuos peligrosos que representan el 1% del total, es decir, 10 Kg anuales. Numerosos productos de uso domésticos, como lo son las pilas, una vez utilizadas, o al concluir su vida útil se convierten en residuos peligrosos, que tanto por su composición, como su manipulación, tratamiento y disposición final pueden acarrear los más diversos trastornos ambientales, con sus consecuentes perjuicios en la salud humana. Desde el punto de vista ecológico, el principal problema de las pilas se presenta una vez agotadas. Estas, en el mejor de los casos, irán a parar a un vertedero de los llamados controlados, o a una planta incineradora, sin haberse efectuado ningún tipo de recogida selectiva, tal como se hace a veces con el vidrio o el papel. El hecho de que vayan a parar a una incineradora, es que al producirse su combustión, se liberan a la atmósfera parte de los venenos que contienen estas pilas.

Las pilas, micro-pilas y baterías son arrojadas con el resto de los residuos domiciliarios, vertiéndose en basureros, ya sean a cielo abierto o en rellenos sanitarios, y en otros casos en terrenos baldíos, acequias, caminos vecinales, cauces de agua, etc. Para imaginar la magnitud de la contaminación de estas pilas, basta con saber que son causantes del 93% del Mercurio en la basura doméstica, así como del 47% del Zinc, del 48% del Cadmio y del 55% Níquel.

Las pilas mezcladas con diferentes líquidos sufren corrosión en sus carcazas afectándolas internamente a sus componentes y externamente por la acción climatológica; y por el proceso de fermentación de la basura, especialmente la orgánica, que al elevar su temperatura hasta los 70°C, actúa como un reactor de la contaminación.

Cuando se produce el derrame de los electrolitos internos de las pilas, arrastra los metales pesados, estos metales fluyen por el suelo contaminando toda forma de vida (asimilación vegetal y animal). Como por ejemplo el mercurio, un metal peligroso que se filtra en la tierra, llega al agua de las capas subterráneas y la contamina en distinta medida.

La forma de movilizarse a través del suelo, se ve favorecido al estar los metales en su forma oxidada. Esto lo hace actuar mucho más rápido en terrenos salinos o con PH muy ácido.

Mientras que (Rautela et al., 2021) escribió que la alternativa más lógica son las pilas recargables son contaminantes, pero pueden ser utilizadas hasta 500 veces, lo que las convierte en las más convenientes. La elección más ecológica sería no adquirir aparatos que funcionen con pilas de acuerdo a la recomendación del autor de la presente investigación: de hecho, este tipo de aparatos, son mucho más derrochadores que los de enchufe.

Mientras tanto el problema está instalado en la comunidad y como medida inmediata para frenar la contaminación que ellas producen es juntarlas, encapsularlas con un material que las neutralice químicamente y que retenga, por solidificación, los productos metálicos.

## Materiales y métodos

Este proceso de investigación se realizó completamente documental para tener un valor real de datos sobre la cantidad de pilas que se gastan en un periodo aproximado de seis meses. La técnica utilizada es la encuesta, permitió la recolección de información desde los espacios donde se generan los desechos peligrosos, la encuesta estuvo estructurada por 10 preguntas referentes al uso y manejo de dispositivos que utilizan pilas o baterías, otra técnica fue la entrevista directa la que nos permitió tener una clara apreciación del manejo de este desecho peligroso. Estas técnicas fueron aplicadas a los trabajadores administrativos de las oficinas y técnicos de los centros de cómputos.

La población empleada fue el personal auxiliar y asistentes que trabajen en las dependencias tanto de las 78 oficinas como de los 13 laboratorios de computación. La muestra no se puede reflejar ya que se tomó de cada área a una sola personas quedando un total de 91 personas para esta investigación.

Finalmente se realizó la tabulación de los resultados que consiste en la suma de los datos obtenidos de las encuestas, dicha técnica llevo como instrumento los cuadros y gráficos estadísticos, la cual la represente en forma de barras para una mejor apreciación e interpretación de los resultados.

### Hipótesis General.

Con el análisis que se determine de los factores que incidan en la recolección y clasificación de las pilas usadas; por sus clases y formas, se percibirá el tipo de impacto que genere estos contaminantes peligrosos, para mitigar la alta peligrosidad de estos dispositivos.

### Hipótesis Específica.

- ✓ ¿La cantidad de pilas usadas al no tener una disposición final adecuada afectaran en gran escala al medio ambiente?
- ✓ ¿El mal manejo de los dispositivos recargable o acumulador, podrán ser recolectados adecuadamente por nuestra Universidad?

- ✓ ¿Habrá lugar de donde se pueda hacer el respectivo acopio de los dispositivos recargable o acumulador (pilas), en el futuro?

### Variables y su operacionalización

**Variable independiente:** Las distintas, departamentos y oficinas de la universidad.

**Variables dependientes:**

Cantidades de residuos que se generan en las oficinas, que no se reciclan estos dispositivos usados.

Las cantidades de computadores que existen en los centros de cómputos.

Las cantidades de pilas alcalinas, de botón de PC, baterías de portátiles y celulares.

### Indicadores

Centros de Cómputos

Oficinas Administrativas

Cantidades de Desechos peligrosos

Impacto que genera estos contaminantes peligrosos

Concienciación y Capacitación a los Técnicos y Administrativos

Desarrollo de técnicas aplicadas

### Operacionalización de las Variables.

**Variable Independiente:** Acumulación de las pilas o baterías usadas en los diferentes centros de computación y oficinas, sin la debida recolección o tratamiento.

**Tabla 3.** Operacionalización de las variables.

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas
Establecimientos con instalaciones exclusivas para trabajar con computadoras	Centros de cómputos	Centros de cómputos	¿Cómo se llama esta oficina o centros de cómputo?	Observación
		Oficinas administrativas	¿En este lugar existen accesorios o equipos que funcionan a pilas o baterías?	
	Oficinas administrativas	Cantidad de desechos peligrosos	SI NO	Encuesta
		Impacto que genera estos contaminantes peligrosos	¿Qué tipos de pilas o baterías utilizan estos accesorios o equipos? (AA) (AAA) (Botón) (otros)	
		Concienciación y capacitación a los Técnicos y Administrativos	¿Qué hacen con estos dispositivos de energía cuando cumplen su vida de utilidad?	
Desarrollo de técnicas aplicadas	¿Se puede depositar en la basura común?	SI NO		

			¿Y no siendo así hay un sitio determinado en esta área? SI NO  ¿Conoce usted algún lugar de la ciudad donde se pueden depositar las pilas o baterías usadas? SI NO ¿Usted recicla las pilas o baterías en alguna parte de su oficina o en casa?  ¿No siendo así donde las bota? ..... ¿Usted tiene conocimiento sobre las pilas desgastadas que son contaminantes muy peligrosos? SI NO	
--	--	--	---	--

**Los principales recursos empleados fueron:**

**Recursos Humanos:** Técnicos de los Centros de Cómputos y Administrativos que trabajan en las Oficinas de la universidad.

**Recursos Materiales:** Hojas; Esferos; Lápices; Cuadernos; Impresiones; Copias; Cds; libros; Tintas; Carpetas; Transportes; Computador; Internet; Anillados; Empastados.

### Resultados y discusión

**¿Por qué reciclar los dispositivos recargables o acumuladores o las pilas usadas?**

La página <http://reciclemospilas.blogspot.com/> define, aunque no todas las pilas son iguales ni tienen la misma peligrosidad, toda pila que tiene alta concentración de metales, y tiene que ser considerada como elemento de cuidado. Podemos tomar como ejemplo el mercurio presente en la composición de las pilas. Esta sustancia se oxida mezclada con la basura y se libera al ambiente.

Este metal y varios de sus compuestos, son bastante insolubles, por lo que podrían quedar relativamente inmobilizados en tierra o depositado en el fondo de ríos y lagos. Sin embargo los microorganismos presentes en estos ecosistemas, lo pueden transformar en metil-mercurio de mayor toxicidad y movilidad ambiental. Esta sustancia orgánica, a diferencia del mercurio inorgánico, atraviesa fácilmente las membranas celulares dado que es liposoluble y por lo tanto una vez que ingresa en la cadena alimentaria, a través de los herbívoros y peces, contamina rápidamente cada eslabón y se va concentrando, al igual que el DDT. El resultado es que cuando llega al hombre, tope de la cadena alimentaria, puede haberse concentrado varias veces y resultar letal, ya que podría acumularse en la médula ósea y en el cerebro (Ilankoon et al., 2018).

Las formas más comunes y sencillas de minimizar los efectos de la contaminación causada por las pilas es: Vitrificación, Cementación y Ceramización. Con estos métodos, a la larga, lo único que se hace es aislar el

elemento (no reciclar), pero el compuesto sigue estando, por lo que se convierte en un Pasivo Ambiental. Pero son los métodos a los que más fácilmente se puede recurrir para tratar de mitigar en alguna forma este gran problema.

**Cementación de pilas.** Las pilas no deben ser arrojadas a la basura, pues se debe evitar que toquen el suelo, ya que de esa forma pueden contaminar las fuentes de agua. Son consideradas muy tóxicas las pilas tipo botón, es decir, aquellas que se utilizan en los relojes y dentro de los CASE del computador. Por ejemplo, si estas pilas se tiran con la basura y alcanzan las napas de agua, pueden contaminar 600.000 litros del agua que muchas personas beben.

- 1- Para realizar el cementado de pilas, estas son guardadas dentro de una botella de plástico totalmente seca.
- 2- Luego, dentro de la botella se pondrá cal, que cumplirá la misión de colchón absorbente y se tatará la botella.
- 3- La tapa de la botella debe de ser sellada con cinta adhesiva.
- 4- Las pilas encapsuladas serán utilizadas tanto en un molde, y no deben pasar la capacidad del mismo, como en pilares para monumentos.
- 5- Este molde será llenado con cemento, a fin de guardar las pilas dentro de este.
- 6- Luego se empieza hacer el monumento según este planificado. Utilizando los siguientes materiales: lastre; arena; cemento; piedra chispa; agua; varillas de fierros; clavos; madera y piola; azulejos o pinturas. Herramientas: pala; pico; martillo; sierra; serrucho; carretilla; nivel; plomo; corta cerámica.
- 7- Se lo induce toda la parte de afuera.
- 8- Se aplica alguna clase de azulejos o pinturas.
- 9- Si bien hasta el momento no existen centros de reciclado de las pilas, hay métodos que permiten que estas no contaminen el ambiente.

**Las pilas y el medio ambiente.** Conociendo que las pilas y las baterías son muy buenas para el uso de los diferentes aparatos electrónicos y eléctricos de nuestros hogares, también debemos de ser conscientes y aprenderlas a reciclar de tal manera que las pongamos a un buen recaudo mientras llega el recolector de desechos y se las entreguemos de una manera que estas estén muy bien almacenadas para que no puedan mezclarse con la basura orgánica ya que una vez revueltas es el problema que se descomponen y empiezan a salirse los líquidos químicos, como los químicos secos y es allí donde contaminan el medio ambiente. Inteligente es no botarlas a la basura ya que más bien se deben de reciclarse.

Todas las pilas son residuos peligrosos por lo que desde el mismo momento en que se empiezan a reunir las pilas usadas o descargadas, deben ser manejadas por personal capacitados que siga las precauciones adecuadas empleando todos los procedimientos técnicos y legales del manejo de residuos peligrosos.

**Las pilas como elementos contaminantes.**

La Ordenanza Municipal 213 (2007) del Distrito Metropolitano de Quito define residuo como “cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención o la obligación de desprenderse”. No obstante, el concepto de residuos depende de la persona o entidad que lo menciona. Por ejemplo, para una familia, los restos orgánicos son residuos, pero para una planta de compostaje, estos se convierten en materia prima (Ahirwar & Tripathi, 2021). Muchos dirían que hay que hacer lo que nos determina la Ley, y ahí es precisamente donde se pone muy dura la cosa y se complica más, ya que como son de consumo masivo y son tantas las demandas que ahora lo creen que (son residuos domiciliarios) cuando no es así estas pilas son totalmente inofensivas cuando están nuevas y cargadas de energías, aun cuando terminan de cumplir su vida útil son pasivas pero una vez que son mezcladas con el resto de los residuos es que empieza a crear el gran problema ya que una vez que se les oxidan la carcazas estas tienden a despedir el líquido y se unen con el resto de líquidos de los demás desperdicios en este caso orgánicos y una vez que topen la tierra llegan con las lluvias a los ríos y estos a los mares repartiendo a su paso líquidos de metales pesados contaminando a todo tipo de agua tanto dulce como salada y suelo y aire.

La pila está considerada como uno de los contaminantes más peligrosos que el hombre haya fabricado ya que la cantidad de cadmio y mercurio en el cuerpo sería muy peligroso para el ser humano. Las pilas secundarias tienen una reacción química reversible, estas se pueden recargar, las cuales los elementos activos se regeneran por medio de una corriente eléctrica en sentido contrario a la de la descarga.

En el mercado comercializan algunos tipos de pilas no recargables las cuales contienen los siguientes materiales:

**Tabla 1.** Tipos de componentes de las pilas primarias.

Tipos de pila	Componentes
Carbón-Zinc (C-Zn)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zn 17% (ánodo)</li> <li>- Dióxido de manganeso 29% (cátodo)</li> <li>- Carbón 74%</li> <li>- Mercurio 0.01% (electrolito, cátodo y ánodo)</li> <li>- Cadmio 0.08% * Cloruro de amonio (electrolito)</li> <li>- Cloruro de Zinc (electrolito)</li> <li>- Plástico y lamina 26%</li> </ul>
Alcalinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zn 14% (ánodo)</li> <li>- Dióxido de manganeso 22% (cátodo)</li> <li>- Carbón 2%</li> <li>- Mercurio 0.5 a 1% (ánodo)</li> <li>- Hidróxido de potasio (electrolito)</li> <li>- Plástico y lamina 42%</li> </ul>
Oxido de Mercurio (Hg0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxido de Mercurio (Hg) 33% (cátodo)</li> <li>- Zn 11% (ánodo)</li> <li>- Hidróxido de potasio o hidróxido de sodio (electrolito)</li> <li>- Plástico y lamina 29%</li> </ul>
Zinc-aire (Zn-aire)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zn 30% (ánodo)</li> <li>- Oxigeno (del aire, cátodo)</li> <li>- Mercurio 1% * Plata 1%</li> <li>- Cloruro de sodio o hidróxido de sodio (electrolito)</li> </ul>

	- Plástico y lamina 67%
Oxido de plata (Ag <sub>2</sub> O)	- Zn 10% (ánodo) - Oxido de plata 2% (cátodo) - Mercurio 1% - Cloruro de sodio o hidróxido de sodio (electrolito) - Plástico y lamina 29%
Litio (Li)	- Litio del 10 al 30% - Dióxido de sodio o hidróxido de sodio (electrolito) - Plástico y lamina 29%

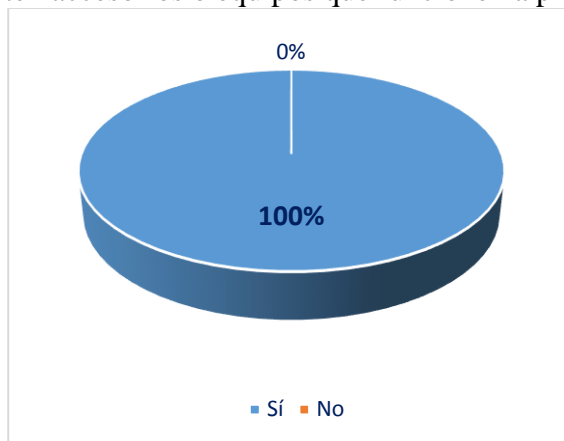
**Tabla 2.** Componentes principales de las pilas secundarias recargables.

Tipos de pila	Componentes
Niquel-Cadmio (C-Zn)	- Cd 18% * Ni 20% * hidrato de potasio o de sodio
Niquel-Metalhidruro (Ni-Mh)	- (Ni-Mh) Ni 25% * hidróxido de potasio
Ion – Litio (ion-Li)	- Oxido de litio-cobalto * carbón altamente cristalizado (ánodo) * solvente orgánico
Plomo (Pb)	- Plomo * ácido sulfúrico

### Encuesta aplicada

Para la aplicación de la encuesta fue necesario visitar a todas las oficinas administrativas y los centros de cómputos donde se seleccionó un total de 91 personas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí que formaron parte de la muestra.

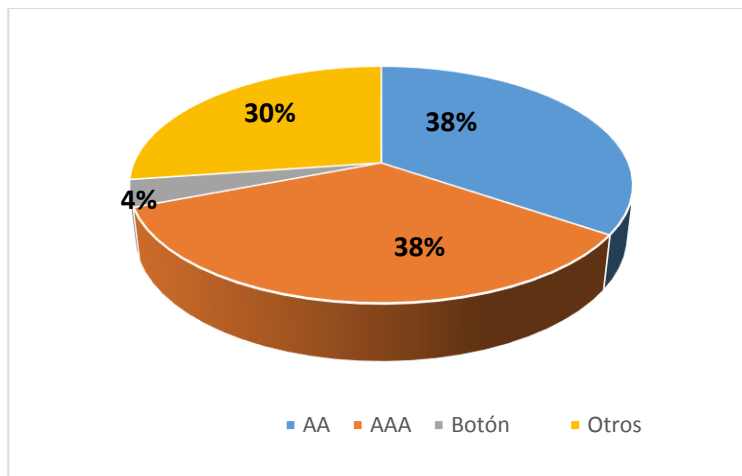
**Pregunta 1.** ¿En este lugar existen accesorios o equipos que funcionen a pilas o baterías?



**Figura 6.** Respuesta a la pregunta 1 sobre la utilización de accesorios o equipos que funcionen a pilas o baterías.

**Interpretación:** Aquí se reflejan que en las dos áreas de estudio (oficinas administrativas y los centros de cómputos) existen accesorios o equipos que funcionen a pilas o baterías, ya que los resultados muestran el 100% plantean que existe al menos un equipo que utiliza pilas o baterías.

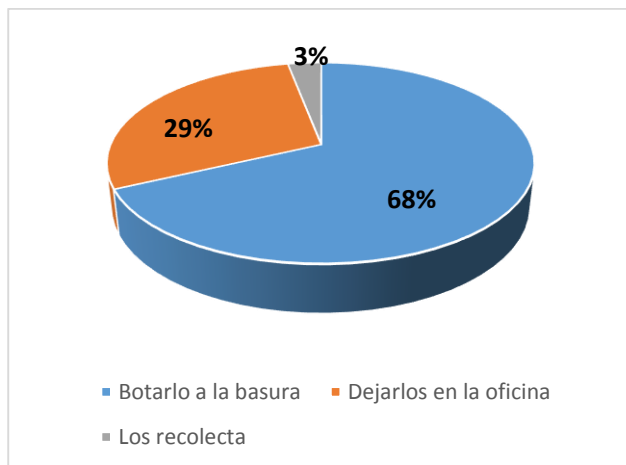
**Pregunta 2.** ¿Qué tipos de pilas o baterías utilizan estos accesorios o equipos?



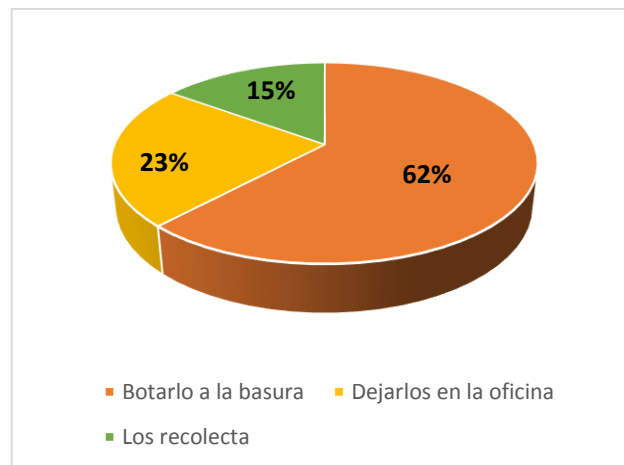
**Figura 7.** Respuesta a la pregunta 2 sobre los tipos de pilas o baterías utilizan.

**Interpretación:** La figura 7 muestra que en los laboratorios de cómputos y oficinas de la universidad se utilizan pilas AA y AAA en un 48% y de botón 4%. Así mismo los encuestados refieren que utilizan las pilas desechables fundamentalmente para los controles de aire acondicionado, televisión y otros aparatos de oficinas. El promedio indica que estas pilas que se desechan cada 6 meses. Sumando entre los centros de cómputos y oficinas da un total de 2144 entre pilas y baterías semestralmente.

**Pregunta 3:** ¿Qué hacen con estos dispositivos de energía cuando cumplen su vida de utilidad?



**Figura 8.** Respuesta de personal de oficinas.

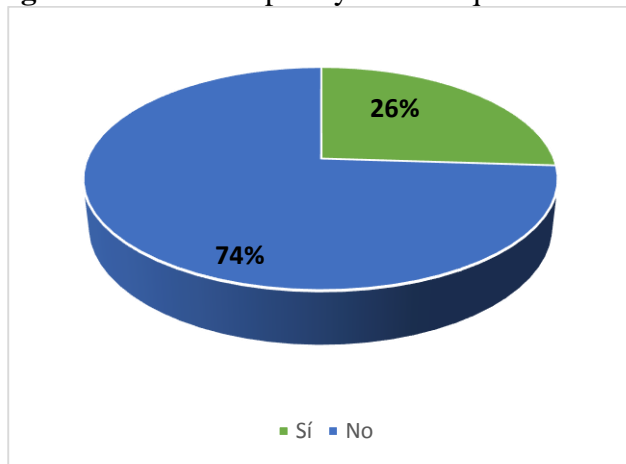


**Figura 9.** Respuesta de personal de laboratorios de cómputo.

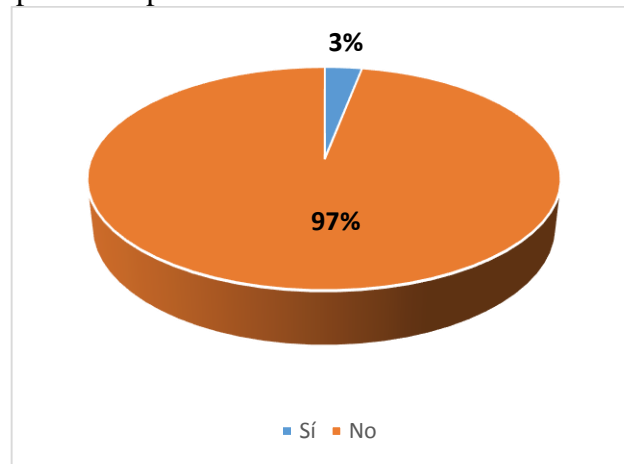
**Interpretación:** En las oficinas se encontró que muy pocas personas tienen conocimiento de que las pilas generan toxicidad y que son muy peligrosas ya que ellos toda clase de pilas que se gasta lo único que hacen es botarla en la basura común, o la dejan por algún lugar de la oficina. En los centros de cómputo se encontró

que todos los encargados de estos laboratorios sí tienen conocimiento que las pilas causan daño al medio ambiente, pero como no saben dónde botar este desperdicio tóxico lo hacen a los tachos de basura, otros lo dejan por allí, y muy pocos lo recolectan en una botella de plásticos pero no saben qué hacer con ellas.

**Pregunta 4.** Sobre las pilas y baterías que desechan, ¿Se pueden depositar en la basura común?



**Figura 10.** Respuesta de personal de oficinas.



**Figura 11.** Respuesta de personal de laboratorios de cómputo.

**Interpretación:** Las personas de los Centros de Cómputos, sugirieron que se debería de hacer una campaña de recolección ya que ellos desechan bastantes pilas muy periódicamente. Un porcentaje considerable (26%) del personal de las oficinas dieron respuesta que Sí se pueden botar en la basura, ya que no hay un lugar donde depositar esta clase de desechos.

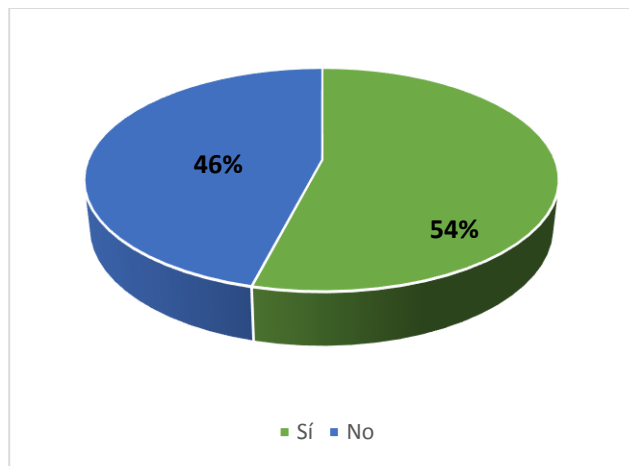
**Pregunta 5.** ¿A qué lugar se pueden llevar estas pilas en desusos en nuestra ciudad?

El 100% de las personas manifestaron que no sabían, ya que aquí en Jipijapa no hay un lugar de acopio o recolección de este tipo de basura toxica.

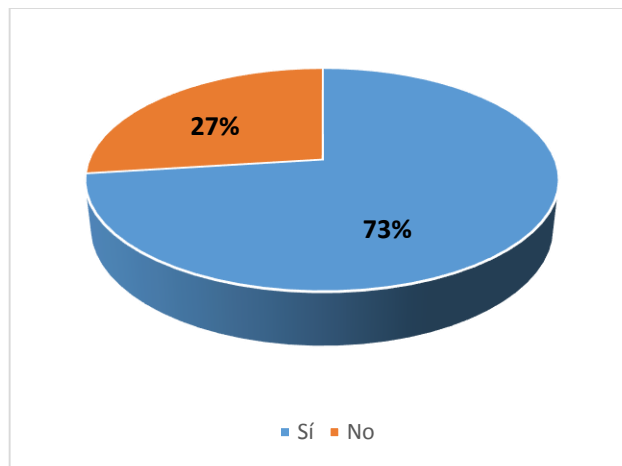
**Pregunta 6.** ¿Usted recicla las pilas o baterías en alguna parte de la oficina o de su casa?

No porque las botan al tacho de la basura tanto en casa como en la oficina, solo una muy pequeña parte de la universidad hace conciencias de esto reciclándolas en botellas, pero al final terminan arrojándolas en los carros recolectores.

**Pregunta 7.** ¿Usted tiene conocimiento sobre las pilas desgastadas que son contaminantes muy peligrosos?



**Figura 12.** Resposta de personal de oficinas a la pregunta 7 de la encuesta.



**Figura 13.** Resposta de personal de laboratorios de cómputo a la pregunta 7 de la encuesta.

**Interpretación:** En esta pregunta sale que la mayoría de las personas que trabajan en la universidad conocen de cuán dañina es una pila cuando las botan a la basura y sueltan el lixiviado, lo que no saben es cómo depositarlas en un lugar seguro, donde no puedan continuar contaminando.

### Conclusiones

En este mundo tecnificado se podía buscar la manera de dejar de utilizar las pilas o baterías ya que si hay muchas alternativas para poderlas suplantar. Una de las razones que no podemos utilizarlas es que son muy contaminantes y una vez dañadas las carcasas somos presa fácil de los tóxicos que desprenden estas pilas.

Concluyo diciendo que la universidad con grandes cantidades de equipos de cómputos debería tener un lugar de acopio para los residuos peligrosos como son las pilas alcalinas o la de botón y baterías de celulares y portátiles.

Cuando los dispositivos cumplen su vida útil, un alto porcentaje de personal administrativas las depositan en el tacho de basura, y son muy pocas las que recolectan, pero no reciben ningún tipo de tratamientos, lo que confirma que aquí en la universidad no existen acciones para tratar los desechos peligrosos.

Al finalizar esta investigación es necesario puntualizar que los desechos de pilas alcalinas, de botón, de baterías de portátiles y de celulares. Son contaminantes peligrosos, que al destruirse emiten sustancias tóxicas que afectan las condiciones del ambiente y por igual a los habitantes de la comunidad universitaria.

Se recomienda a la universidad que se realicen campañas de concienciación sobre el tratamiento de pilas y baterías usadas.

Además se podría ubicar en cada oficina, departamento y Centros de Cómputos un recipiente exclusivo para esta causa por área para no lanzar las pilas a diferentes lugares y así evitar las contaminaciones de pilas por lixiviado.

## Referencias

- Ahirwar, R., & Tripathi, A. K. (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100409. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215153220303925>
- Alonso Alzate Salazar, D., Ayala Zuluaga, C. F., & Melo Betancourth, L. G. (2017). Componentes de control del entrenamiento utilizados por entrenadores escolares. *Educación Física y Ciencia*, 19(1), 00-00. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2314-25612017000100009](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-25612017000100009)
- Beltrán Cely, W. M. (2013). Pluralización religiosa y cambio: social en Colombia. *Theologica Xaveriana*, 63(175), 57-85. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-36492013000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36492013000100003)
- Castillo, M. L., & Reyes-Castillo, P. (2003). Los Passalidae: coleópteros tropicales degradadores. *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*, 237.
- Cornelio, O. M., Díaz, P. M. P., & Fonseca, B. B. (2017). Estrategia metodológica para disminuir el impacto medioambiental de la tecnología obsoleta. *REFCaE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 5(2), 99-118.
- Cornelio, O. M., & Marzo, F. R. (2021). METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE LA BASURA TECNOLÓGICA EN LA ASIGNATURA DE ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 5(2), 183-198.
- Iankoon, I., Ghorbani, Y., Chong, M. N., Herath, G., Moyo, T., & Petersen, J. (2018). E-waste in the international context—A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. *Waste management*, 82, 258-275. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X18306366>
- Mar Cornelio, O., Bron Fonseca, B., & Gulín González, J. (2020). Sistema de Laboratorios Remoto para el estudio de la Microbiología y Parasitología Médica. *Revista Cubana de Informática Médica*, 12(2).
- Müller, J., & Rommel, J. (2010). Is there a future role for urban electricity cooperatives? The case of Greenpeace Energy. 7th Biennial International Workshop-Advances in Energy Studies,
- Nnorom, I. C., & Osibanjo, O. (2008). Electronic waste (e-waste): Material flows and management practices in Nigeria. *Waste management*, 28(8), 1472-1479. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07002243>
- Perkins, D. N., Drisse, M.-N. B., Nxele, T., & Sly, P. D. (2014). E-waste: a global hazard. *Annals of global health*, 80(4), 286-295. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214999614003208>

Rautela, R., Arya, S., Vishwakarma, S., Lee, J., Kim, K.-H., & Kumar, S. (2021). E-waste management and its effects on the environment and human health. *Science of the Total Environment*, 773, 145623. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721006914>