

# RAEE LA MINA DEL FUTURO



# SUMARIO

**DIRECTOR ISDE**  
IDAEL LA O FLO

**REDACCIÓN**  
SARAI ORTA PUGA

**DISEÑO Y REALIZACIÓN**  
ONIEL S. GUTIÉRREZ REYES

**WEBMASTER**  
ISNEY SUSANA HERRERA HERNÁNDEZ  
ONIEL S. GUTIÉRREZ REYES

**CONTACTOS**  
Empresa de Ingeniería del Reciclaje  
Calle Zapata #1558 e/ Paseo y 2. Vedado.  
Plaza de la Revolución. Cuba  
observatorio@isde.co.cu  
observatorio.reciclaje.cu

**Observatorio mundial  
de Residuos  
Electrónicos**

**03**

**07**

**Residuos de Aparatos  
Eléctricos y Electrónicos  
Aspectos Legales**

**Tecnología para  
el reciclaje de  
los RAEE**

**10**

**13**

**Diseño cubano  
de una planta para  
el procesamiento de  
RAEE**

**Potencial de  
generación de RAEE  
en Cuba**

**18**

# Observatorio Mundial de Residuos Electrónicos



**PROYECTO RESIDUOS ELECTRÓNICOS**  
**AMÉRICA LATINA-PREAL**  
ONUDI - FMAM

Por: Sarai Orta Puga  
sarai@isde.co.cu

El Observatorio Mundial de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) es una iniciativa crucial para abordar el problema creciente de los desechos electrónicos a nivel mundial. Su actividad se enmarca en el monitoreo regional de los residuos electrónicos para América Latina: resultados de los 13 países participantes en el “Proyecto para el fortalecimiento de las iniciativas nacionales y mejora de la cooperación regional para la gestión ambientalmente racional de los COP en los residuos de aparatos electrónicos o eléctricos (RAEE)”, más conocido como Proyecto Residuos Electrónicos América Latina (PREAL), que está financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y coordinado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el cual representa el primer esfuerzo de monitoreo regional de las estadísticas, la legislación y la infraestructura de gestión de los residuos electrónicos destinado a mejorar la comprensión y la interpretación de los datos regionales sobre residuos electróni-

cos, con el objetivo de facilitar su gestión ambientalmente racional.

El Observatorio Mundial de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) opera como una plataforma integral para la recopilación, análisis y difusión de datos relacionados con la gestión de los RAEE a nivel global. Esta iniciativa, surgida como respuesta a la creciente preocupación por el manejo inadecuado de los desechos electrónicos, ha sido fundamental en la promoción de políticas y acciones dirigidas a abordar este desafío ambiental. La estructura del Observatorio se basa en la colaboración entre múltiples actores, incluyendo gobiernos, organizaciones internacionales, la industria privada, la sociedad civil y el sector

“...es una iniciativa crucial para abordar el problema creciente de los residuos electrónicos a nivel mundial...”

académico. Esta diversidad de participantes garantiza una amplia representación de intereses y conocimientos, lo que fortalece la calidad y la relevancia de los datos recopilados.

En cuanto al funcionamiento del Observatorio, este se sustenta en una variedad de fuentes de datos, que incluyen informes gubernamentales, estadísticas industriales, investigaciones académicas y contribuciones de organizaciones no gubernamentales. Estos datos son sometidos a rigurosos procesos de análisis, que incluyen la identificación de tendencias, la evaluación de impacto ambiental y socioeconómico, y la identificación de mejores prácticas en la gestión de RAEE.



QUIÉNES SOMOS PAÍS



Una de las características clave del Observatorio Mundial de RAEE es su capacidad para generar informes y análisis periódicos que son accesibles al público en general. Estos informes proporcionan una visión clara y actualizada del panorama global de los RAEE, destacando áreas críticas, tendencias emergentes y oportunidades para la acción.

### Origen y Objetivos del Observatorio Mundial de RAEE:

El crecimiento exponencial de los desechos electrónicos en las últimas décadas ha generado una preocupación global sobre los impactos ambientales, económicos y sociales asociados

con la gestión inadecuada de estos residuos. En respuesta a esta creciente problemática, el Observatorio Mundial de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) fue establecido en el año 2017 como una iniciativa conjunta entre la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

“...recopilar, analizar y difundir información relevante sobre los desechos electrónicos..”

El principal objetivo del Observatorio Mundial de RAEE es abordar la falta de datos precisos y actualizados sobre la generación, gestión y tratamiento de los residuos electrónicos a nivel global. Esta falta de datos ha sido identificada como una barrera significativa para el desarrollo e implementación de políticas efectivas y programas de gestión de RAEE. Por lo tanto, el observatorio se ha dedicado a recopilar, analizar y difundir información relevante sobre los desechos electrónicos, con el fin de apoyar la toma de decisiones basada en evidencia y promover prácticas sostenibles en la gestión de RAEE.



QUIÉNES SOMOS PAÍSES PARTICIPANTES



### Funciones y Actividades del Observatorio:

El Observatorio Mundial de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos desempeña una variedad de funciones y actividades para cumplir con sus objetivos de recopilación de datos, análisis y promoción de buenas prácticas en la gestión de RAEE. Estas incluyen:

1. Recopilación y análisis de datos: El ob-

servatorio recopila datos de múltiples fuentes, incluidos gobiernos, empresas y organizaciones internacionales, para comprender mejor los flujos de RAEE a nivel global.

2. Investigación y análisis: Realiza investigaciones en profundidad sobre temas clave relacionados con los residuos electrónicos, como el impacto ambiental, la legislación y las mejores prácticas en la gestión de RAEE.

3. Elaboración de informes: Produce informes periódicos que sintetizan la información recopilada y presentan análisis detallados sobre tendencias y desarrollos en la gestión de RAEE.

4. Promoción de buenas prácticas: Trabaja en estrecha colaboración con gobiernos, empresas y otras partes interesadas para promover la adopción de prácticas sostenibles en la gestión de RAEE, como el diseño para el reciclaje y la



extensión de la vida útil de los productos electrónicos.

Además de la recopilación de datos, el Observatorio Mundial de RAEE también tiene como objetivo fomentar la investigación y el intercambio de conocimientos sobre temas relacionados con los desechos electrónicos. Esto incluye la identificación de mejores prácticas en la gestión de RAEE, el análisis de tendencias y patrones en la generación de residuos electrónicos, y la evaluación del impacto ambiental y socioeconómico de diferentes enfoques de gestión de RAEE.

El Observatorio Mundial de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos se ha posicionado como una plataforma crucial para impulsar la gestión sostenible de los RAEE a nivel global, mediante la provisión de datos confiables, investigación innovadora y promoción de mejores prácticas en este campo en constante evolución.



...Se ha posicionado como una plataforma para impulsar la gestión sostenible de los RAEE a nivel global...



investigación innovadora y promoción de mejores prácticas en este campo en constante evolución.

#### **Impacto y Resultados:**

El trabajo del Observatorio Mundial de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) ha tenido un impacto significativo en la formulación de políticas, la toma de decisiones empresariales y la conciencia pública sobre la gestión de los residuos electrónicos a nivel mundial.

Una investigación reciente publicada en la Revista Waste Management analizó el impacto de las políticas basadas en evidencia desarrolladas con el apoyo del Observatorio Mundial de RAEE en países de América Latina. El estudio encontró que la implementación de medidas regulatorias basadas en datos precisos y análisis detallados de los flujos de RAEE ha llevado a una mejora significativa en la recolección, reciclaje y disposición adecuada de estos residuos en la región. Además, un informe reciente del Banco Mundial destacó el papel crucial del Observatorio Mundial de RAEE en la promoción de la economía circular y la innovación en la gestión de residuos electrónicos a nivel global. El informe señala que las investigaciones y análisis llevados a cabo por el observatorio han proporcionado una base sólida para el desarrollo de estrategias integrales de gestión de RAEE que abordan no solo los desafíos ambientales, sino también los aspectos económicos y sociales asociados.

A nivel empresarial, varias compañías líderes en tecnología han reconocido el valor de los datos y análisis proporcionados por el Observatorio

Mundial de RAEE en la optimización de sus procesos de producción y gestión de productos al final de su vida útil. Un estudio de caso reciente publicado en la Revista Journal of Cleaner Production destacó cómo una empresa de electrónica líder utilizó los informes del observatorio para identificar oportunidades de diseño más sostenible y mejorar sus prácticas de reciclaje de RAEE, lo que resultó en una reducción significativa de los costos y una mayor reputación corporativa.

### Desafíos y Futuro:

A pesar de los logros del Observatorio Mundial de RAEE, enfrenta varios desafíos en su búsqueda de una gestión más efectiva y sostenible de los residuos electrónicos. Algunos de estos desafíos incluyen:

1. Disponibilidad de datos: Aunque el observatorio ha mejorado significativamente la disponibilidad de datos sobre RAEE, todavía existen lagunas en ciertas regiones y sectores, lo que dificulta la evaluación precisa de la situación global de los desechos electrónicos.
2. Coordinación internacional: La gestión de RAEE es un desafío global que requiere una cooperación estrecha entre países y organizaciones internacionales. El observatorio enfrenta el desafío de coordinar y armonizar los esfuerzos de diferentes actores en la gestión de los RAEE a nivel mundial.
3. Tecnología emergente: La rápida evolución de la tecnología plantea nuevos desafíos

en la gestión de RAEE, como la proliferación de dispositivos electrónicos de uso único y la obsolescencia programada. El observatorio debe adaptarse continuamente a estos cambios y anticipar futuras tendencias en la generación de desechos electrónicos.

En resumen, el Observatorio Mundial ha demostrado ser una herramienta invaluable para impulsar la gestión sostenible de los RAEE a nivel mundial, con impactos positivos tanto en el ámbito político y empresarial como en la conciencia pública sobre este importante problema ambiental.

El Observatorio Mundial de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos desempeña un papel fundamental en la promoción de una gestión responsable de los RAEE a nivel global. Su estructura colaborativa, su enfoque basado en datos y su capacidad para informar y orientar las políticas y acciones hacen de esta iniciativa un instrumento invaluable en la lucha contra la contaminación ambiental y la promoción de la sostenibilidad, ha demostrado ser una herramienta invaluable para abordar el creciente problema de los desechos electrónicos a nivel global. A través de sus funciones de recopilación de datos, investigación, elaboración de informes y promoción de buenas prácticas, el observatorio ha contribuido significativamente a mejorar la gestión y el tratamiento de los RAEE en todo el mundo.



## Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos: Aspectos Legales



Por: Svetlana Dubitskaya  
svieta@isde.co.cu

Según algunos autores (J. Clerc y otros CEPAL 2021) el establecimiento de políticas de responsabilidad extendida del productor como sustento de los sistemas de gestión, y el desarrollo de marcos normativos que definan dentro de la legislación, las responsabilidades de los actores involucrados, son características comunes que ostentan países, como Japón, Suecia y Colombia, que les han permitido alcanzar resultados significativos en la gestión de los RAEE.

Según se ha podido constatar, teniendo en cuenta la real amenaza que constituye la presencia de algunos de los componentes peligrosos en los RAEE para el medio ambiente y la salud de las personas, en muchos países ya se han establecido instrumentos jurídicos que regulan la gestión de los RAEE, su comercio transfronterizo, y establecen los objetivos y metas para su reducción, recuperación y reciclaje.

Según la cronología de la información encontrada, el primer instrumento jurídico redactado para regular la gestión de los RAEE, fue la Directiva 2002/96/EC del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de enero de 2003, en vigor desde el 13 de agosto del 2005 en la Unión Europea. Mediante la misma se pretendió promover el reciclaje, la reutilización y la recuperación de los residuos de estos equipos para reducir la contaminación provocada por ellos, regulando la distribución, retirada y correcta eliminación de los mismos en la zona europea.

La directiva se fundamentó entre otros documentos, en el Convenio de Basilea sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, entrado en vigor en mayo de 1992, en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes firmado en mayo

de 2001 y en vigor desde mayo del 2004, y en el Convenio de Bamako sobre la prohibición de la importación a África y el control de los movimientos transfronterizos y la gestión de los desechos dentro de África firmado en enero de 1991.

Diez años después, la Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 4 de julio de 2012 sobre RAEE que entró en vigor el 13 de agosto de 2012, modificó a la anterior, aunque mantuvo el principio de responsabilidad ampliada del productor, y el principio de quien contamina paga, consagrado en el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea. Al igual que su predecesora, esta directiva fue adoptada por todos los integrantes de la Unión Europea y sirvió de guía para elaborar los instrumentos jurídicos nacionales de otros muchos países del mundo, es por ello que en opinión de muchos constituye el instrumento más conocido, replicado y completo para regular la gestión de los RAEE.

Las directivas de la Unión Europea, no se adoptan, sino que se deben transponer a las legislaciones nacionales de los países europeos mediante algunos de los numerosos instrumentos jurídicos locales con que cuentan, incluyendo: leyes, decretos, decretos leyes, resoluciones y normas. Un ejemplo de ello, es la serie de normas UNE 50625, editadas entre 2014 y 2018 donde se definen los requisitos para la recogida, logística, tratamiento y descontaminación de diferentes clases de RAEE.

Desde junio del 2018 está en vigor la Directiva europea 2018/849 que modifica algunos aspectos de la Directiva 2012/19/UE en lo referente a la calidad, fiabilidad y comparabilidad de los datos y de los métodos y procedimientos para comunicarlos, suprime requisitos obsoletos de información, e incorpora la evaluación comparativa de las metodologías nacionales al respecto y la elaboración de un informe de control de la calidad de los datos. También inserta un nuevo artículo para Incentivar la aplicación de la jerarquía de residuos y sustituye el primer párrafo del su artículo 19

Según el documento The Global E-waste monitor 2024, (Cornelis P et al, 2024) entre 2019 y 2023 el número de países con legislación para la gestión de los RAEE aumentó ligeramente, de 78 a 81. De esos 81 países, 67 tenían un instrumento legal que regula la gestión de residuos y contienen disposiciones promoviendo la política ambiental y el principio de responsabilidad ampliada del productor. Los países que tienen tales instrumentos legales tienden a tener redes de puntos de recogida para RAEE, mecanismos de financiación para gestionarlos y mejores infraestructuras de gestión y datos. Sin embargo, la aplicación de políticas sobre los RAEE, la legislación y las regulaciones siguen siendo muy pocas. El estancamiento de la tasa global de recolección y reciclaje de estos residuos se agudiza por el hecho de que sólo 46 países del mundo se proponen tasas de recolección como objetivos y sólo 36 tasas de reciclaje. Hasta junio del 2023 sólo 81 de 193 países, tenían algún tipo de instrumento jurídico para la gestión de los RAEE.

En Cuba, la autora a identificado 4 instrumentos jurídicos que se refieren de manera indirecta y somera a la gestión de los RAEE, ellas son:

- 1) Ley 1288 del 1975. Que establece que: los organismos y demás dependencias del estado están obligados a recolectar los desechos (residuos) de materias primas, productos y materiales reutilizables que no son aprovechados por los mismos, en los procesos de producción o de servicios y deben preservarlos, separarlos, acondicionarlos y empacarlos, de conformidad a lo que se determine en el Reglamento que al efecto se dicte. (vigente y en actualización)
- 2) Resolución 45/2021 del MINDUS (derogada)
- 3) Resolución 35/2023 del MINDUS “Procedimiento para la recuperación, la reutilización y reciclaje de equipos fuera de uso”, que en la práctica establece dos procedimientos: el procedimiento a seguir por las personas jurídicas (presumiblemente estatales) para dar baja de sus registros contables y transferir a entidades autorizadas para el desarme, la reutilización y reciclaje, 10 tipos de aparatos electrónicos. (vigente)
- 4) Resolución 93/2023 del CITMA “Reglamento para el control de las emisiones y transferencias de contaminantes”.

Excepto por los mencionados cuatro instrumentos jurídicos que de manera indirecta y somera se refieren a la gestión de los RAEE, Cuba no cuenta con instrumentos jurídicos específicos para este propósito y es uno de los 112 países que aún no cuenta con ellos, situación que es una debilidad de cara a la consecución del proyecto aquí presentado.



# Tecnología para el reciclaje de los RAEE



Por: Ing. Cecilia Palacios Valencia  
cecilia@isde.co.cu

Existen varias tecnologías para el reciclaje y procesamiento de chatarra electrónica. Entre ellas se incluyen:

## 1. **Desmontaje Manual y Automatizado:**



Descripción: Separación de componentes electrónicos mediante técnicas manuales o automatizadas para recuperar partes valiosas.

## 2. **Trituración y Molienda**



Descripción: Reducción de tamaño de la chatarra para facilitar la separación de materiales mediante trituradoras y molinos.

### 3. Separación Magnética



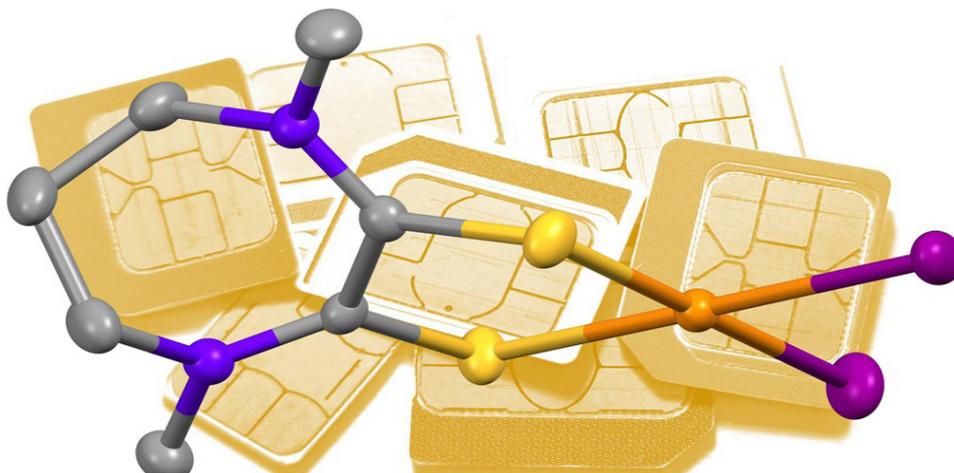
Descripción: Utilización de imanes para separar materiales ferrosos y no ferrosos presentes en la chatarra electrónica.

### 4. Separación por Corrientes de Foucault



Descripción: Separación de metales no ferrosos mediante corrientes eléctricas inducidas en materiales conductores.

### 5. Lixiviación



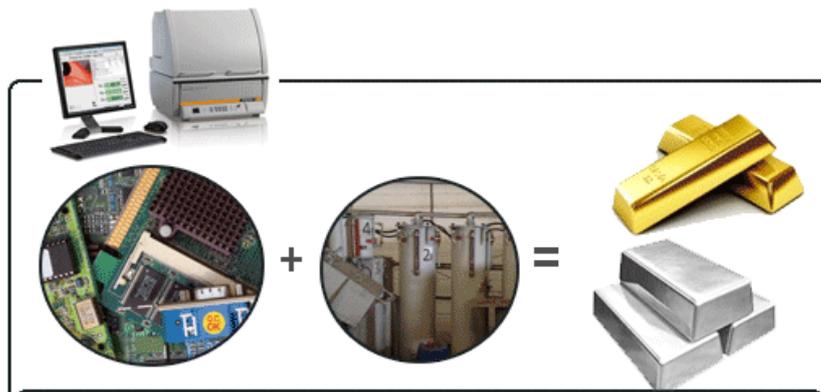
Descripción: Extracción de metales valiosos de placas de circuito y otros componentes utilizando productos químicos.

### 6. Pirólisis y Gasificación



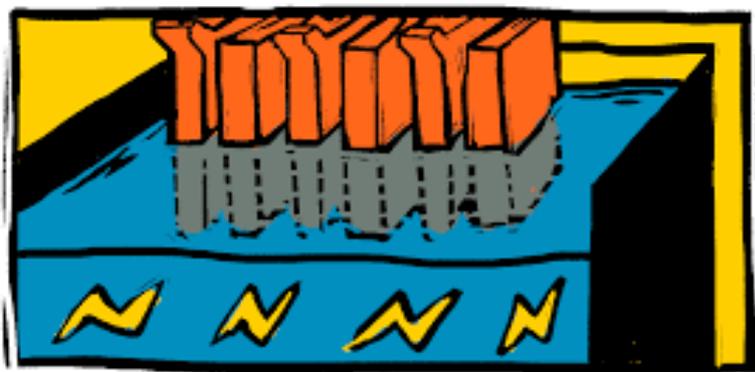
Descripción: Descomposición de materiales orgánicos y plásticos para generar gases y subproductos aprovechables.

## 7. Recuperación de Metales Preciosos



Descripción: Procesos químicos y electrolíticos para extraer oro, plata y otros metales preciosos de la chatarra electrónica.

## 8. Refinación Electrolítica



Descripción: Purificación de metales recuperados mediante procesos electrolíticos para obtener materiales de alta pureza.

## 9. Reutilización y Reacondicionamiento



Descripción: Restauración y reutilización de dispositivos electrónicos aún funcionales para prolongar su vida útil.

Estas tecnologías se combinan en procesos integrales para abordar la gestión sostenible de la chatarra electrónica, maximizando la recuperación de materiales valiosos y minimizando el impacto ambiental. Ayudan a minimizar la contaminación ambiental y aprovechar los recursos presentes en la chatarra electrónica.

# Diseño cubano de una planta para el procesamiento de RAEE



Por: Ing. Juan Manuel Joa Rodríguez  
joa@isde.co.cu

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) contienen muchos materiales, algunos de los cuales son metales preciosos y minerales críticos muy valiosos que deben ser recuperados, pero junto a ellos coexisten elementos y compuestos químicos muy peligrosos, que durante la explotación de los aparatos se mantienen controlados, pero cuando estos son abandonados a su suerte en el medio ambiente, se convierten en agentes contaminantes y potenciales peligros para la salud de los seres vivos. Es por ello que sus residuos (RAEE) o la llamada “chatarra electrónica” deben ser gestionados de manera responsable y segura, lo cual significa que las operaciones para su recogida, clasificación, desarme, almacenamiento, reciclado y/o disposición final, se deben realizar con las herramientas, equipos tecnológicos, medios de producción y de protección individual adecuados, aplicando todas las medidas de seguridad pertinentes, las buenas prácticas conocidas y dando cumplimiento a la legislación ambiental local vigente.

Hasta el año 2014 la Empresa Transformadora de Materias Primas, ubicada en las instalaciones de la Empresa de Conformación de Metales por Explosión de Caimito, que se localiza en el kilómetro 18 de la Autopista Habana—Pinar del Río, municipio Caimito, provincia Artemisa, era la única entidad encargada en Cuba de gestionar y procesar los RAEE recuperados por las empresas de recuperación de materias primas (ERMP) de todo el país; sin embargo a partir del 2015 dejó de ser independiente y se subordinó a la ERMP Artemisa y desde esa fecha sólo se encarga de procesar los RAEE recuperados por ella.

A finales del 2023 la dirección de la ERMP de Artemisa se dirigió a ISDE para que desarrollara en las instalaciones de Caimito un proyecto para mejorar los procesos y resultados de la gestión de los RAEE en la instalación, priorizando las soluciones organizativas, teniendo en cuenta las restricciones económicas por la que atraviesa el país y aprovechando la infraestructura existente y la experticia alcanzada por la fuerza laboral de la entidad.

De inmediato se organizó en ISDE un grupo de trabajo, que abarcó a especialistas de las áreas de

Ingeniería y Desarrollo de la empresa y se procedió a realizar una visita a Caimito para entrevistarnos con su personal y diagnosticar la situación actual de las instalaciones y de sus procesos.

La visita permitió identificar los principales problemas a resolver con el proyecto y establecer sus principales objetivos y metas, así como la necesidad de dominar el estado del arte y de la técnica de la gestión de los RAEE, antes de proponer las soluciones.

### Los principales problemas identificados fueron:

- ☑ Pérdidas económicas debido a la insuficiente desagregación por componentes y clasificación de las partes, piezas, agregados y materiales contenidos en los RAEE.
- ☑ Ausencia de procedimientos documentados y registros para el control del proceso tecnológico productivo y sus resultados, así como para el control de las sustancias contaminantes contenidas en los RAEE generadas, gestionados y confinadas en la instalación.
- ☑ Violación de las normas de seguridad industrial y presencia de riesgos para la ocurrencia de accidentes de trabajo.
- ☑ Ausencia del equipamiento indispensable para la realización del proceso productivo.
- ☑ Carencia de espacio para la realización de las operaciones de recepción desarme y clasificación de los RAEE.
- ☑ Riesgos de contaminación del suelo, por la no aplicación la legislación nacional y las buenas prácticas internacionales para la gestión de los RAEE.
- ☑ Ineficiencia en las operaciones de desarme, clasificación, separación y procesamiento de los RAEE.
- ☑ Graves dificultades para la movilidad interna de las cargas en la instalación.

El siguiente paso fue diseñar el proyecto y asignar tareas específicas a los participantes seleccionados, estableciéndose la necesidad de que todos los participantes cooperasen entre sí, compartiendo y estudiando toda la información encontrada. El proyecto se tituló: “Diseño de una Planta de Procesamiento de chatarra electrónica en CAIMITO” y su diseño contó con 66 tareas específicas y 7 tareas hito, que fueron ejecutadas por 7 especialistas de ISDE, durante 4 meses.

Cada especialista cumplió con las tareas individuales asignadas, lográndose la sinergia esperada mediante la cooperación solicitada. Destacándose por su importancia para la elaboración del proyecto los siguientes informes y autores:

1. Informe de resultado de búsqueda de información científica sobre los conceptos básicos de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE (Estado del arte). Elaborado por la licenciada Sarai Orta Puga.
2. Informe de los resultados de la búsqueda de Normas y Legislación Internacional vigente en la temática. Elaborado por la ingeniera Svetlana Dybitskaya.
3. Informe de los resultados de la búsqueda, establecimiento y descripción de las tecnologías para el reciclaje y procesamiento de la chatarra electrónica (Estado de la técnica). Elaborado por la ingeniera Cecilia Palacio Valencia.
4. Determinación de los potenciales de chatarra electrónica. Elaborado por el Máster en Ciencias Orlando López Morales.

“...El proyecto se tituló :  
Diseño de una planta de Procesamiento de Chatarra electrónica en CAIMITO

”

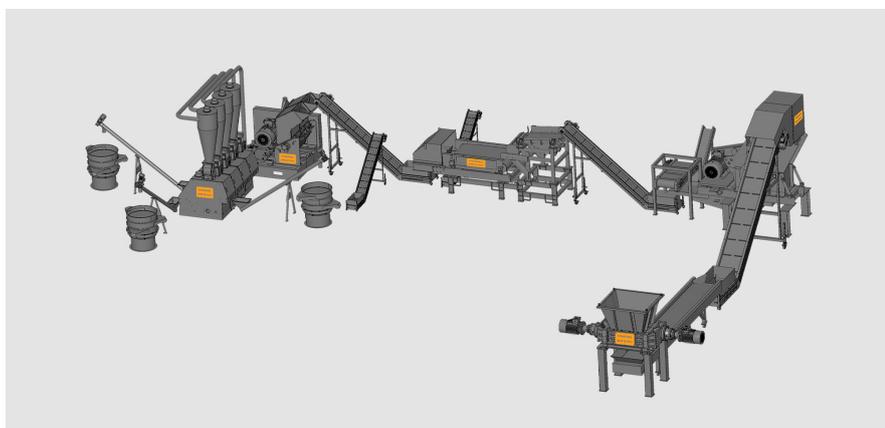
5. Informe de los resultados de la búsqueda y estudio de Proyectos de referencia de otras fuentes. Elaborado por la ingeniera Yusleiby Dago Rivera.
6. Ideas Conceptuales para el Proyecto Diseño de una Planta para procesamiento de RAEE en la Empresa Transformadora de Materias Primas de Caimito. Elaborado por el Ingeniero Juan Manuel Joa Rodríguez.
7. Estudio de oportunidad del Proyecto Diseño de una Planta para procesamiento de RAEE en Caimito. Elaborado por el Ingeniero Juan Manuel Joa Rodríguez.

Como resultado del proyecto, se propuso solucionar los problemas identificados en tres etapas, comenzando por las soluciones de carácter organizacional y tecnológicas que no requieren de grandes gastos en divisas, y en la medida que se comiencen a obtener incrementos de los ingresos, aplicar las que requieren de inversiones constructivas y en equipamiento.

En la primera etapa se propone adquirir una báscula digital, y un detector de radiactividad. Elaborar e implantar procedimientos documentados y registros para el control del proceso tecnológico productivo y sus resultados, la caracterización y contabilización de los RAEE recibidos y los materiales que se obtienen de ellos, y para el control de las sustancias contaminantes generadas, gestionadas y confinadas. Además, en esta etapa se propone incorporar una operación para la separación manual y clasificación de los procesadores y otros componentes de mayor valor de las placas de circuito impreso (PCI), tales como: las tarjetas de discos duros, las memorias RAM y las placas madres de las computadoras, y finalmente se propone comenzar de inmediato un Proyecto de investigación para desarrollar una tecnología propia para recuperar por métodos hidrometalúrgicos los metales preciosos y críticos de las PCI y los componentes electrónicos, utilizando los equipos tecnológicos existentes en la instalación de metales preciosos.



En la segunda etapa se propone construir nueva nave para la recepción, desarme, clasificación, procesamiento y almacenamiento temporal de los RAEE, e incorporar una línea para su desarme y clasificación manual desarrollada y fabricada en Cuba o importada, una máquina para desoldar y separar automáticamente los componentes de las PCI (importada) y una máquina para triturar cables y separar los materiales obtenidos, que actualmente se desarrolla en ISDE o importada. Finalmente se propone desarrollar un Proyecto para el diseño y construcción de un transportador aéreo (teleférico) propulsado por energía solar para el movimiento de las cargas dentro de la instalación.

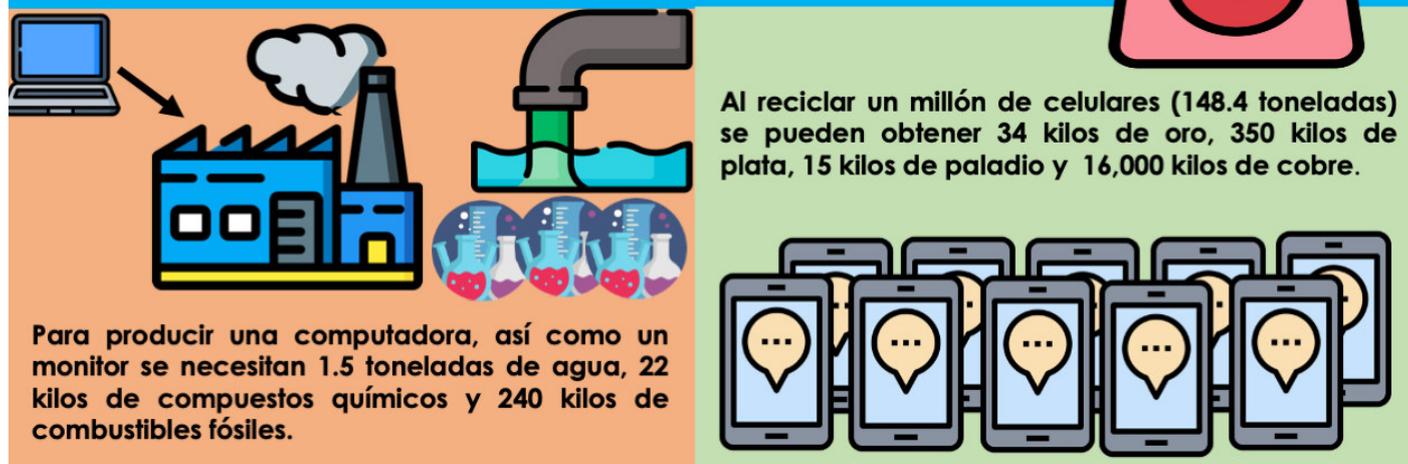
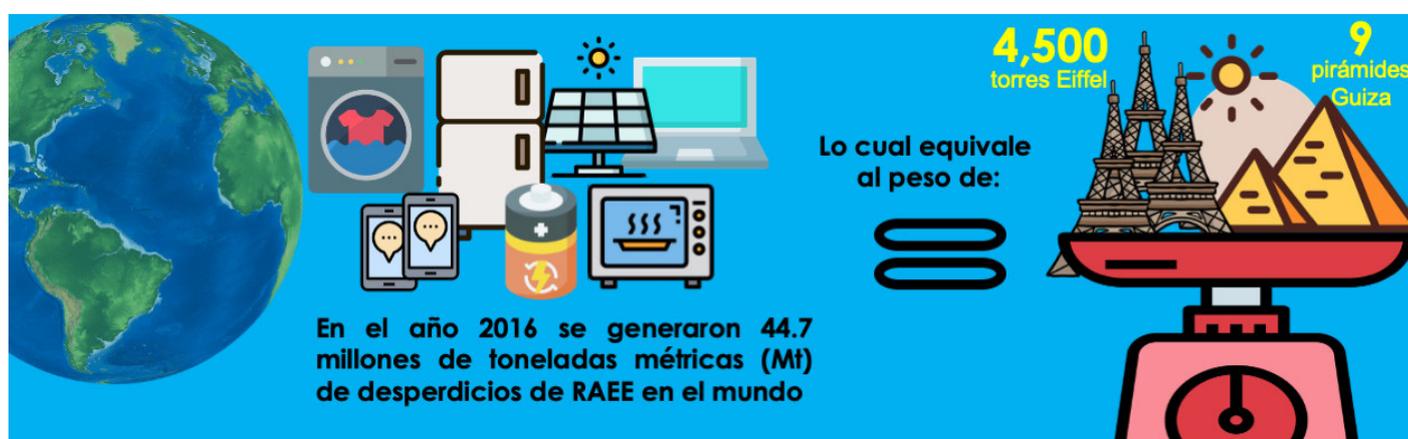


En la tercera etapa se propone importar y poner en explotación una línea de producción automatizada para el triturado de las PCI y la recuperación de los metales contenidos en los polvos metálicos resultantes del proceso, y en caso de estar ya disponible, comenzar a utilizar la tecnología propia desarrollada por los especialistas de ISDE y de la ERMP Artemisa para extraer y refinar los metales preciosos contenidos en los polvos metálicos por métodos hidrometalúrgicos utilizando los equipos

preciosos contenidos en los polvos metálicos por métodos hidrometalúrgicos utilizando los equipos

tecnológicos de la instalación de metales preciosos de Caimito; y en caso de que aún no esté disponible, se podrá retrasar el completamiento de la etapa o importar una tecnología para ese propósito.

Los resultados esperados de este proyecto en las instalaciones de Caimito, incluyen; la disminución gradual de los riesgos para la salud de los trabajadores y para el medio ambiente hasta erradicarlas, deteniendo las violaciones de la legislación nacional vigente, así como el incremento también gradual de la eficiencia de los procesos, y de los ingresos de la instalación, comenzando con un 12% en la primera etapa, otro 30 % en la segunda etapa con respecto a la etapa anterior, y como mínimo un 60%, para un total del 200% con respecto a los niveles actuales. Por otra parte se logra un incremento de las capacidades productivas de la instalación, que al cierre de la 3ra etapa estaría en disposición de procesar todas las PCI generadas en el país. Finalmente, al cierre de la 3ra etapa gracias a la incorporación de las nuevas tecnologías aquí propuestas, la instalación dispondría al menos de las tecnologías más actualizadas hoy en el mercado, lo cual aportaría soberanía tecnológica y pérdidas mínimas a la economía nacional con respecto al valor de los RAEE recuperados.



**¿USTED PONDRÍA UNA PÁGINA DE ANUNCIOS EN BLANCO?  
NOSOTROS SI...**

**PORQUE ESTA PÁGINA ESTA PENSADA PARA USTED.**

**ANUNCIATE CON NOSOTROS**

# Potencial de Generación de RAEE en Cuba



Por: MSc. Orlando López Morales  
o.lopez@isde.co.cu

El aumento de los residuos electrónicos es el resultado de varias tendencias. La veloz expansión de la sociedad de la información en todo el mundo se caracteriza por el crecimiento del número de usuarios y la rapidez del progreso tecnológico que impulsa la innovación, la eficiencia y el desarrollo socioeconómico

La mayoría de la basura electrónica, un 60%, son grandes y pequeños electrodomésticos del hogar, desde frigoríficos y lavadoras hasta tostadoras, aspiradoras y máquinas de afeitar.

Un 7% está formado por celulares, computadoras, impresoras y otros equipos de la tecnología de la información.

Además, sólo un 17% de esa basura se recicla en el mundo.

Eso significa que se pierden cientos de toneladas en oro, plata, aluminio y otros recursos, cuyo valor total se estima en unos 52 000 millones de dólares

Por otro lado, se generan también cientos de toneladas de productos tóxicos, como el plomo o el mercurio, en productos electrónicos que acaban siendo incinerados en vertederos.

En las universidades cubanas se estudia únicamente la situación de los Residuos Sólidos Urbanos con enfoque a la administración, la gestión y la economía sin abordar procesos tecnológicos, técnicos y productivos. Las organizaciones cubanas, con este objetivo, deben incorporar diferentes herramientas de gestión ambiental teniendo en cuenta el análisis del Ciclo de Vida del Producto y los potenciales impactos asociados al mismo desde la extracción de las materias primas hasta su retiro a través de diferentes alternativas.

La continua aparición de nuevos y sofisticados aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) es una constante en nuestros días. En décadas pasadas, los elevados precios de su adquisición hacían que el número de personas que accedían a ellos fuese reducido, por lo que sus residuos (RAEE) tenían un impacto bajo sobre el medio ambiente a nivel mundial y nacional.

Pero consideramos que en Cuba siguen siendo caros a pesar de una demanda creciente en el resto del mundo, no dejara de ser una necesidad, pero el bajo ingreso de las personas, la doble moneda y el no contar con una tasa de cambio en correspondencia con el mercado internacional de monedas son factores que ralentizaran su consumo.

Este fenómeno del desarrollo tecnológico que aumentará la productividad disminuyendo los

precios acompañados de la obsolescencia programada no estará asociado a la realidad cubana pues es necesario contextualizar si es relacionado con las empresas e instituciones o la población. Además, dado lo caro y difícil de adquirir los AEE lo mismo para un sector que para el otro, las instituciones y los individuos aprovecharán al máximo los equipos con que cuentan alargando los ciclos de vida de los equipos que poseen y efectuando de forma autónoma el proceso de recuperación primario utilizando los componentes independientes aptos para reparar los equipos con que cuentan. (canibalismo). También hay que tener en cuenta que existe un sector informal y particular que se dedica a la reparación de APP con el cual de una forma u otra abra que contar. En el caso de las computadoras, laptops y celulares la situación se hace más crítica no serán muchos los cubanos que cuenten con una laptop o una computadora, el precio medio del mercado informal 300 a 600 CUC, y por el estado que en pocas ocasiones aparecen a la venta, entre 500-600 CUC.

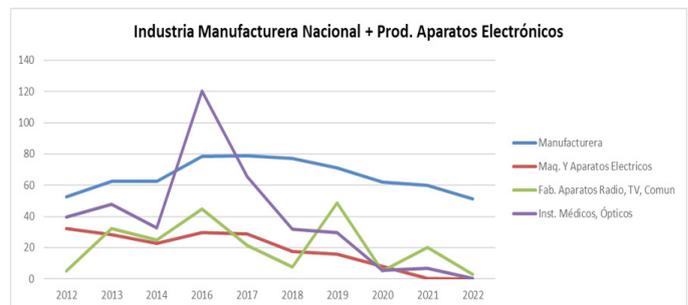
En la política del estado aparece la necesidad de fomentar la informatización de la sociedad, es una gran meta que va a necesitar recursos y dinero, pero también preparación y voluntad política. Un cambio de mentalidad, una nueva cultura de hacer las cosas, en que no bastará la presión y el enfoque del estado, será necesaria la participación de la sociedad.

En los estudios realizados hasta el momento sobre el tema relacionado con la basura en Cuba y en específico con el tratamiento de los desechos sólidos en general y a los residuos sólidos urbanos en particular (RSU) no aparece en la composición de los residuos identificados los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos lo cual representa un problema a la hora de realizar estudios o análisis sobre el tema.

Un problema inicial al que se enfrentó fue poder definir el alcance que pudiera tener esta especialidad del reciclaje de los RSU es poder valorar el inventario actual y potencial de los RAEE en Cuba, y su caracterización. El cliente no cuenta con esta información y de forma clara y precisa no aparece en ninguna de las fuentes abordadas.

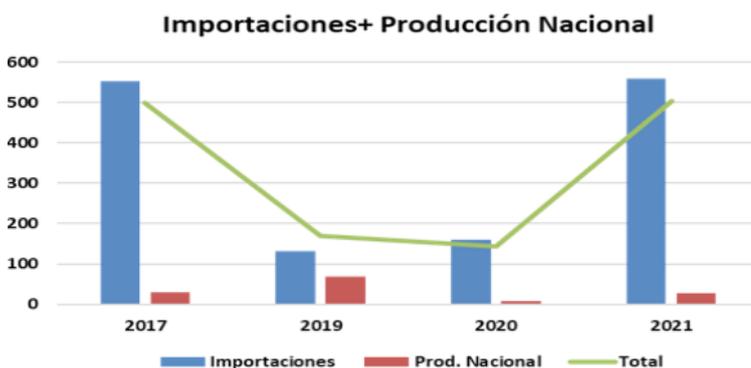
SECTOR/GRUPO	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fabricación de maquinarias y aparatos eléctricos	32.4	28.3	22.6	29.6	29.0	17.6	15.8	8.3	0.1	0.1
Fabricación de equipos y aparatos de radio, televisión y comunicación	5.0	32.2	25.0	44.6	21.3	7.5	48.6	5.1	20.2	3.0
Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión	39.6	47.9	32.7	120.1	65.5	31.8	29.6	5.3	6.7	0.2

Fuente: Formulario 0006, SIEN, ONEI y SIEC de Grupo Azucarero AZCUBA



### Aplicación del Método Inductivo Deductivo:

Si tomamos como base el 2020 realizando una sumatoria de 48.98 MT como potencial de equipos que pueden convertirse en chatarra electrónica en los próximos 5 años



nal. Aquí se pueden tomar la referencia del 2021 con 600 MU.

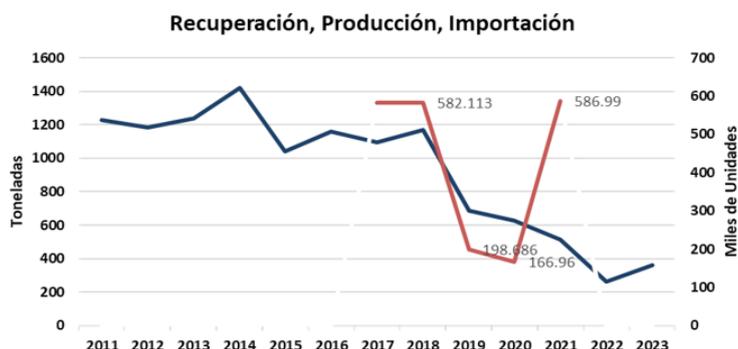
### Análisis de las importaciones contra importación de productos electrónicos:

Se puede observar que para estas producciones sus cifras están por debajo de las importaciones que se realizan y que las condiciones epidemiológicas de la COVID19 influyeron en este proceso, cuya tendencia es a incrementarse, por las paralizaciones de la industria nacional.

## Análisis estadístico por los históricos de Recuperación:

Se evidencia una evaluación de los históricos de recuperación del plantel de los organismos que han realizado su contratación con el ISDE:

Fuente: Históricos de recuperación ISDE, GER



Los datos tabulados y su representación gráfica nos indica, que la recuperación muestra una tendencia decreciente, aunque en el 2023 ya es observable que hay reanimación con respecto al 2022. Por otra parte, vemos como las importaciones y producción nacional si tienen tendencia al crecimiento, al salirse de la zona PostCovid19, lo que quiere decir que para los próximos años habrá cifras de recuperación mucho más altas. La media de recuperación de

estos últimos 5 años se encuentra en 489.94 t

Influencia de las TIC en la proyección de los planes de recuperación:

CONCEPTO	UM	2018	2019	2020	2021	2022
Cantidad de computadoras existentes*	MU	1,410.2	1,223.6	1,131.2	1,187.1	...
Cantidad de usuarios de servicios de internet *	MU	6,546.0	7,195.4	7,517.4	7,517.4	...
de ellos: usuarios que acceden por datos móviles		1,618.4	2,916.3	3,478.6	4,343.7	5,217.1
Computadoras personales por 1 000 habitantes*	U	126	109	101	107	...
Usuarios de internet por 1 000 habitantes*	U	584	643	672	676	...
Total de abonados del sistema celular	MU	5,474.1	6,141.5	6,760.6	7,203.3	7,712.0
Abonados móviles del sistema celular	MU	5,373.3	6,042.6	6,661.8	7,103.3	7,600.1
Abonados fijos del sistema celular	MU	100.8	98.9	98.8	100.0	111.9
Cobertura de la población de celular móvil	%	85.3	85.5	85.6	87.3	87.5

Esta información valida el incremento de computadoras y celulares por las importaciones, que se vienen realizando al país.

## Influencia de las Entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación:

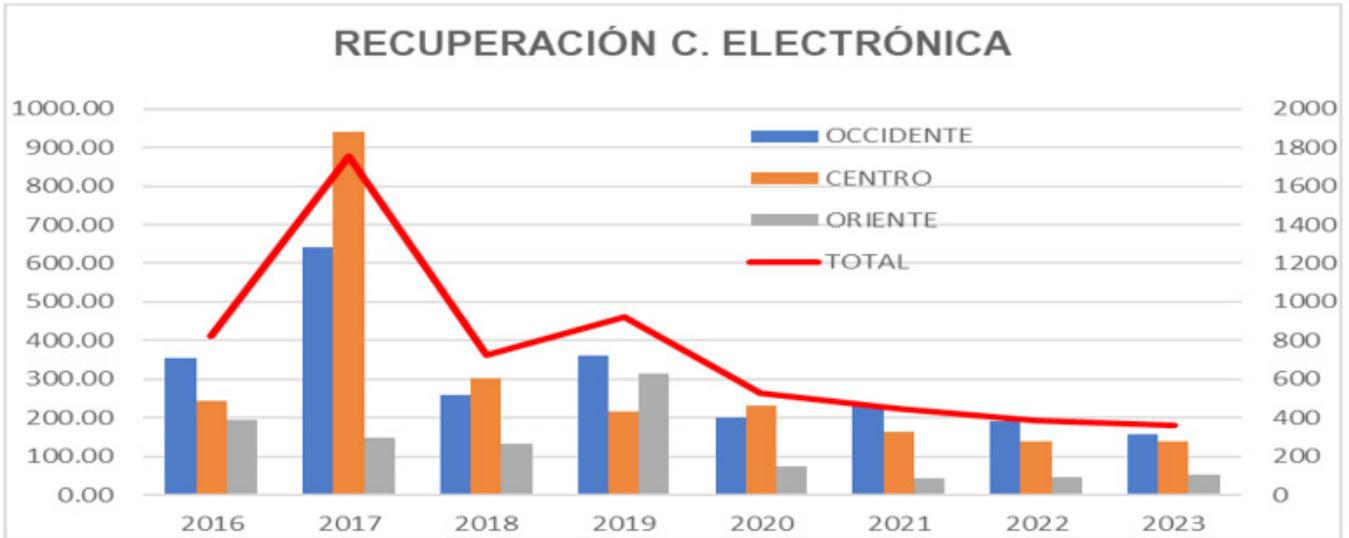
CONCEPTO	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Total</b>	<b>214</b>	<b>222</b>	<b>229</b>	<b>239</b>	<b>258</b>
Centro de Investigación	135	137	141	142	143
Centro de Servicios Científico y Tecnológicos	19	22	26	25	29
Unidad de Desarrollo e Innovación	60	63	61	68	72
Parque Científico y Tecnológico <sup>(a)</sup>	-	-	1	2	2
Empresas de Ciencia y Tecnología que funcionan como Interface <sup>(a)</sup>	-	-	-	2	4
Empresa de Alta Tecnología <sup>(b)</sup>	-	-	-	7	7
Fundación de Innovación y Desarrollo	-	-	-	-	1

Fuente: Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)

La información fortalece que el incremento de los centros de investigación apoya tanto el incremento de los medios informáticos, así como todo tipo de equipamiento para investigaciones. Inversiones ejecutadas en la actividad de ciencia e innovación tecnológica por componentes.

### Análisis del comportamiento por región:

Se presenta un análisis del comportamiento de la recuperación por región, esta información está basada en los valores históricos que informan los organismos de la administración central del estado, tiene la limitación que no está incluyendo: los volúmenes que reporta la planta de Residuos sólidos de Holguín; Planta de residuos sólidos de Ciego de Ávila, Desguazadero de barcos de Bahía Honda, que influyen en que esta actividad tenga valores más significativos, que los que reportan las estadísticas de ISDE.



Fueron calculadas las medias del comportamiento de los últimos 5 años, para cada zona del país, dónde se evidencia que recupera más en la zona occidental, la zona central muestra valores próximos que la occidental, los valores en menor magnitud se encuentra en la región oriental:

Los valores totales y promediados por regiones son los siguientes:

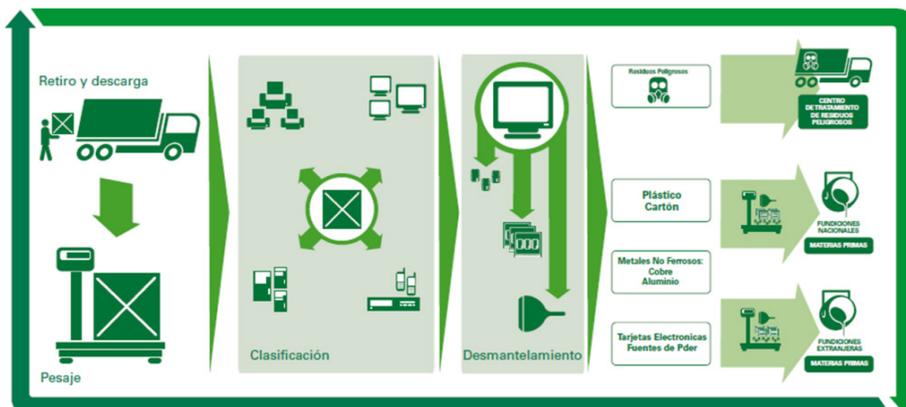
El volumen máximo a generar en el país de chatarra electrónica, para los El diseño de la instalación que se quiera proyectar.

Los valores totales y promediados por regiones son los siguientes:

Región	Valor Total	Media
Occidental	1132.79	227.94
Central	888.43	177.69
Oriental	527.57	105.51
Total	2548.79	509.758

Tomando la media calcula:  $2548.79 / 5 \text{ años} = 509,758 / 365 \text{ días} = 1.39 \text{ t/ Día}$

$1.39 \text{ t/día} = 1.39 / 24 = 0.06 \text{ t/h} = 60 \text{ kg/h.}$





Calle Zapata #1558 e/ Paseo y 2. Vedado.Plaza de la Revolución. Cuba

 [observatorio@isde.co.cu](mailto:observatorio@isde.co.cu)

 [observatorio.reciclaje.cu](http://observatorio.reciclaje.cu)

 [observatorio-cubano-del-reciclaje](https://www.linkedin.com/company/observatorio-cubano-del-reciclaje)

 [observatorio tecnologico](https://www.facebook.com/observatorio-tecnologico)