

## **DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS RECOLECTADOS EN LA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

Gabriela Pérez, René Parra, Alexandra Velasco y Valeria Ochoa-Herrera  
Oficina de Innovación y Sustentabilidad (OIS-USFQ)

Los residuos electrónicos están compuestos por aproximadamente 60 elementos químicos, entre ellos se pueden encontrar metales preciosos y materiales peligrosos que si no se los maneja adecuadamente pueden ocasionar serios problemas al medio ambiente y a la salud humana (UNEP, 2013). El reciclaje electrónico representa en la actualidad una excelente alternativa para la recuperación de materiales reusables y metales preciosos y contribuye a la protección del medio ambiente.

La cantidad de residuos electrónicos generados a nivel mundial está entre 20 y 25 millones de toneladas, lo cual equivale a 3.5 kg de chatarra electrónica por habitante por año (Robinson, 2009). Según la Agencia de Protección del Medio Ambiente Americana (EPA, 2013), la cantidad de residuos electrónicos desechados diariamente a nivel mundial es de 142 000 computadoras y aproximadamente 416 000 teléfonos celulares. La EPA establece que en un millón de computadoras se puede recuperar cerca de 24 kg de oro, 250 kg de plata, 9 kg de paladio y más de 9 000 kg de cobre. De hecho, en una tonelada de teléfonos celulares se puede encontrar 3.5 kg de plata, 340 g de oro, 140 g de paladio y 130 kg de cobre (EPA, 2013). En una batería de un teléfono celular reciclado se puede obtener hasta 3.5 g de cobre, recuperando de esta manera 95% los constituyentes de una computadora (EPA, 2013)

En términos generales, el consumo energético en el proceso de reciclaje es menor que el requerido para la elaboración de un nuevo producto. Es así que el 81% de la energía consumida en la fabricación de una computadora se la utiliza en el proceso de elaboración más no durante su uso. De la misma manera, en el reciclaje de aluminio se emplea tan solo el 10% de la energía necesaria para la producción primaria de dicho metal. Adicionalmente, durante el reciclaje electrónico se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y los residuos generados en la elaboración de nuevos productos (USGS, 2001).

El destino final del 70% de los desechos electrónicos es desconocido, por lo tanto como comunidad universitaria es de gran importancia aportar con el reciclaje de residuos electrónicos y contribuir de esta manera a la protección y cuidado del medio ambiente y de la salud pública (Robinson, 2009).

El reciclaje y disposición final de los residuos electrónicos que se recolectarán en la USFQ fueron modelados basándose en la información proporcionada por PRODES, BIORECICLAR y ANDEC. Los diagramas de flujo fueron realizados empleando el programa VENSIM, tomando como base de cálculo una unidad de cada residuo electrónico. Los principales residuos electrónicos esperados incluyen laptops, monitores CRT, teclados, tablets, CPU, UPS para PC, mouse, parlantes de PC, cablea de poder y monitores ICD.

En la Figura 1 se presentan los diagramas de flujo modelados con el programa VENSIM para los residuos electrónicos expresados en peso y porcentaje, respectivamente.

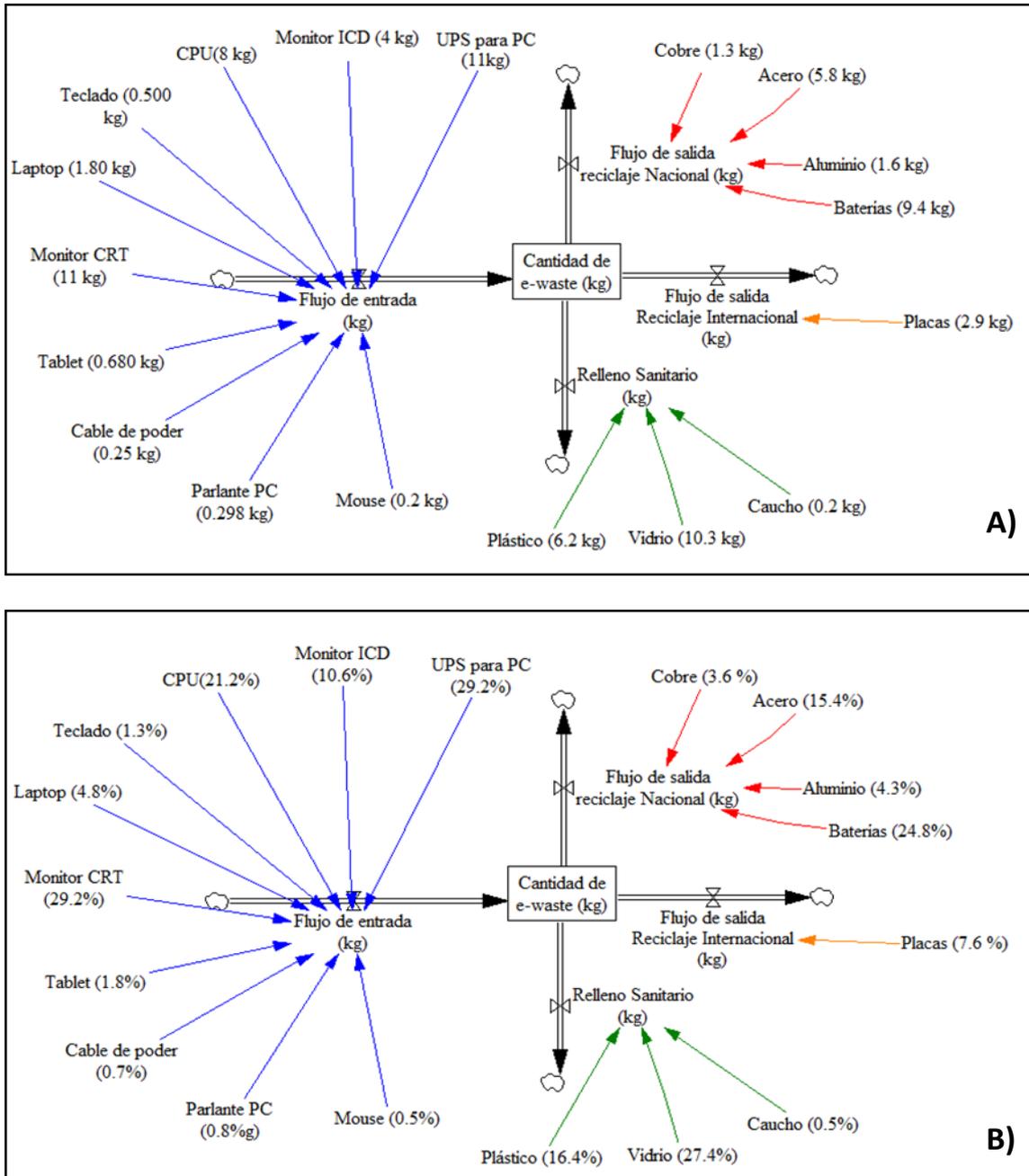


Figura 1: Diagrama general de flujo de los residuos electrónicos en peso A) y en porcentaje B).

En la Figura 2 se presenta un diagrama ilustrativo de las empresas que estarán involucradas en el manejo de los residuos electrónicos de la USFQ. PRODES estará a cargo de la separación y clasificación de los residuos electrónicos. BIORECICLAR es una empresa ecuatoriana que se encargará de la comercialización de chatarra de metales ferrosos y no ferrosos, tales como cobre, bronce, aluminio, acero inoxidable, baterías, entre otros (BIORECICLAR). ANDEC es un gestor tecnificado y será responsable del reciclaje nacional de acero, aluminio y cobre los cuales serán transformados en varillas, lingotes y mallas (ANDEC). Los mainboards serán manejados por Sitekol Refining y CODELCO que son empresas localizadas en Colombia y Chile, respectivamente (CODELCO). Estas empresas se encargan de reciclar metales preciosos provenientes del residuo electrónico y a partir de estos materiales elaboran joyas, amalgamas, piezas dentales, cátodos, entre otros. El vidrio, plástico y caucho serán manejados por el Municipio de Quito y finalmente serán dispuestos en el relleno sanitario (EMASEO).

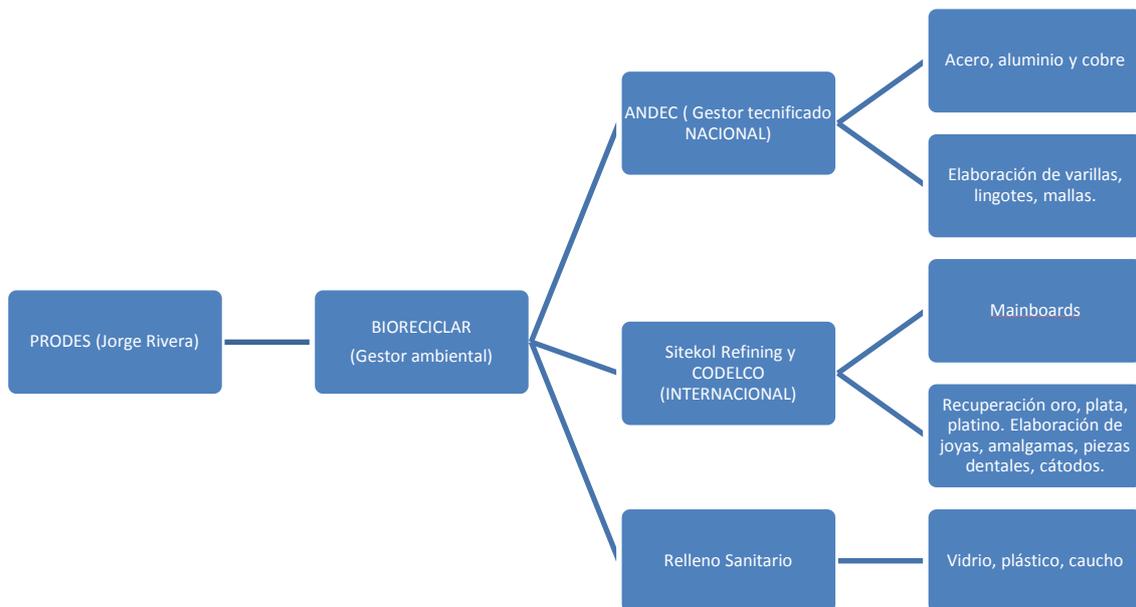


Figura 2. Diagrama ilustrativo de las empresas que estarán involucradas en el manejo de residuos electrónicos de la USFQ.

En la Figura 3 se presentan los diagramas de flujo modelados con el programa VENSIM para los diferentes materiales que se obtendrán en el proceso de recolección de los residuos electrónicos tales como baterías, cobre, plástico, caucho, aluminio, placas, acero y vidrio.

Finalmente, en la Figura 4 se ilustran los balances de masa modelados con el programa VENSIM para los diferentes residuos electrónicos calculados por unidad de residuo que se recolectarán en la USFQ. Los principales residuos electrónicos esperados incluyen laptops, monitores CRT, teclados, tablets, CPU, UPS para PC, mouse, parlantes de PC, cablea de poder y monitores ICD.

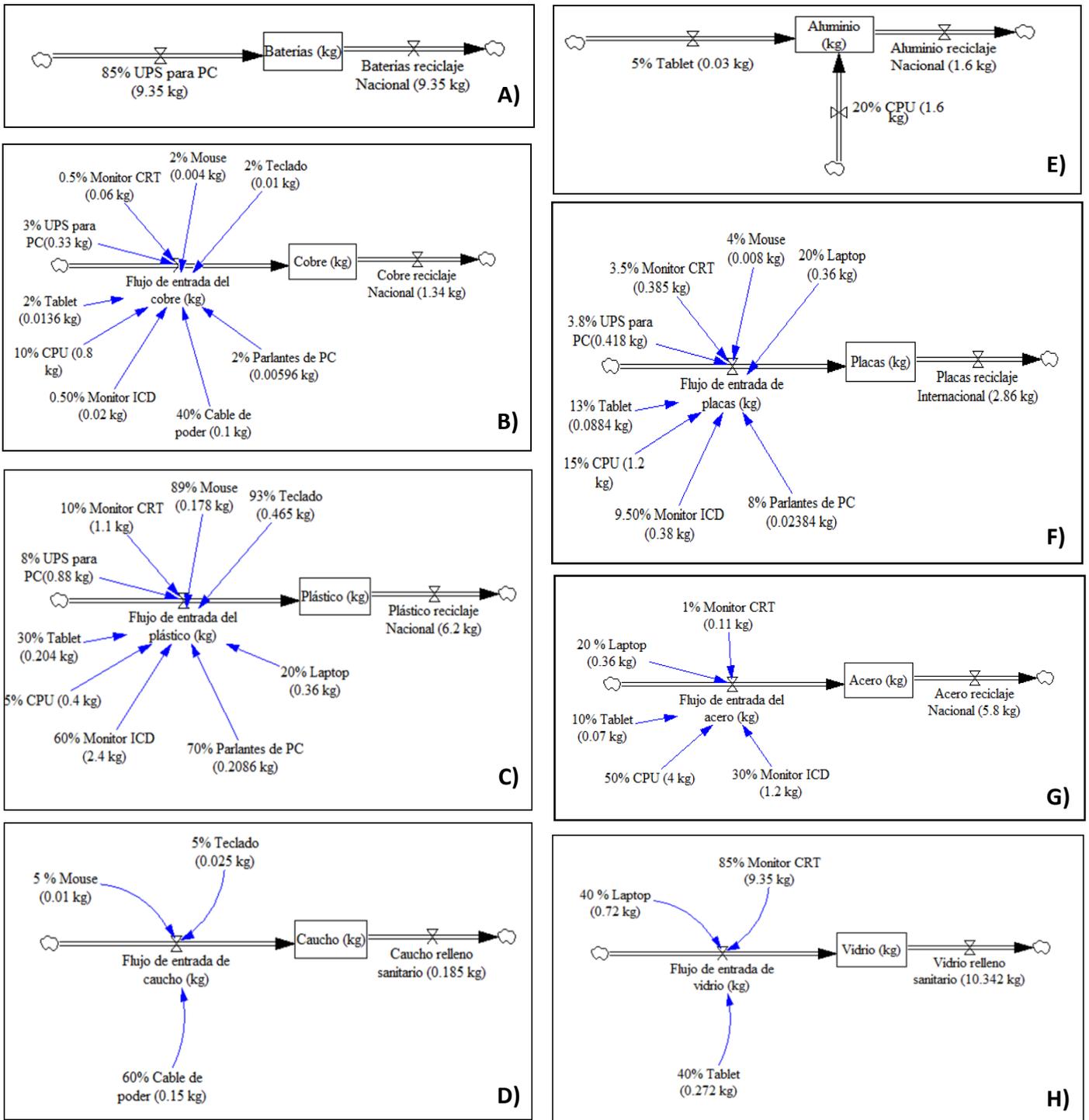


Figura 3: Diagramas de flujo para los diferentes materiales provenientes de la recolección de residuos electrónicos: A) baterías, B) cobre, C) plástico, D) caucho, E) aluminio, F) placas, G) acero y H) vidrio.

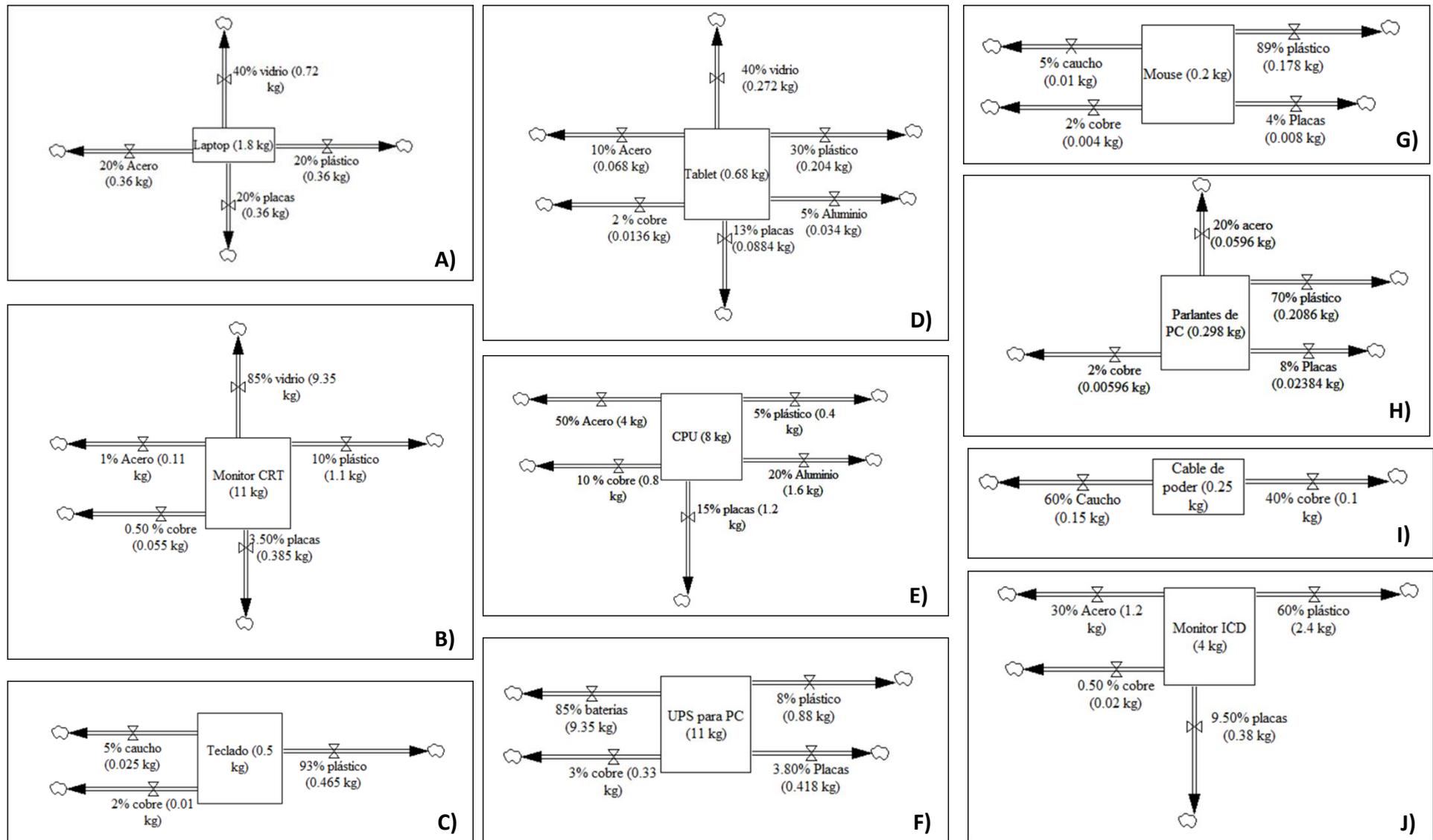


Figura 4. Balance de masa para los componentes de los diferentes residuos electrónicos por unidad de residuo: A) laptop, B) monitor CRT, C) teclado, D) tablet, E) CPU, F) UPS para PC, G) mouse, H) parlantes de PC, I) cable de poder y J) monitor ICD.

## **BIBLIOGRAFIA:**

ANDEC. <http://www.andec.com.ec/>

BIORECICLAR. <http://www.bioreciclar.com/>

CODELCO. <http://www.codelco.com>

EMASEO. <http://www.emaseo.gob.ec>

Robinson, B. H. (2009). E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. *The Science of the Total Environment*, 408(2), 183–91. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.09.044

UNEP. (2013). UNEP in Latin America and the Caribbean, (April).

USGS. (2001). Obsolete Computers , “ Gold Mine ,” or High-Tech Trash ?, (July). Retrieved from <http://pubs.usgs.gov/fs/fs060-01/>

USEPA. (2013) U.S. Environmental Protection Agency, [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

