EVALUACIÓN DE IMPACTO Y DE LA SOSTENIBILIDAD DE COMPUTADORES PARA EDUCAR EN LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN EN LAS SEDES EDUCATIVAS BENEFICIADAS-COMPONENTE AMBIENTAL

EQUIPO DE TRABAJO

Director del proyecto: René Lemoine
Codirectores: María Cecilia Alfonso, Juan Camilo Bohórquez

Líderes del equipo de educación:
Darío Maldonado, Fabio Sánchez (Profesores Universidad de los Andes)

Especialista en evaluación de impacto:
Darwin Cortés (Profesor Universidad de Rosario)

Profesional en temas relacionados con desarrollo ambiental sostenible:
Margarita Pava, Cristian Ruiz

Líder administrativo encargado de los aspectos logísticos, estadísticos y recursos humanos:
Jovinton Yaya

Asistentes del equipo de educación:
Érika Londoño, Lina Lozano, Ana María Saavedra, Tatiana Velasco

Equipo de trabajo de campo cualitativo:
Eduardo Gutiérrez (Profesor Universidad Javeriana), María Del Pilar Quintero, Claudia Osorno, María Clara Martínez

Equipo de trabajo de campo:
Gladys Muñoz, Yamilet Possu, Ana María Vélez, Martha Gallo, Carmen Stella Uribe, Viviana Cora, Lina Coronado, Luz Dary Cadavid,

Equipo de trabajo componente ambiental:
Germán García, Felipe Saavedra y Juliana Velandia

RESUMEN

Este documento resume los resultados de la consultoría que desarrolló el Centro Nacional de Consultoría, con el objetivo de evaluar el componente ambiental del programa Computadores Para Educar.

El programa Computadores para Educar (CPE) es una iniciativa liderada por el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). El programa, en su estrategia de sostenibilidad, apunta a las políticas de gobierno (Plan Nacional de Desarrollo) y a los compromisos que el país tiene especialmente en lo relativo al desempeño ambiental, el cual genera un efecto en las dimensiones social y económica del país. El estudio incluyó la valoración de los impactos ambientales y sociales de la estrategia de gestión ambiental del programa, su cuantificación económica (relación beneficio-costo, TIR) y el cálculo de huella de carbono generada y evitada en los procesos de reacondicionamiento y gestión de RAEE.

En términos generales los resultados de la estrategia de Gestión de Residuos Electrónicos del programa ha logrado generar un beneficio importante teniendo en cuenta que desde su puesta en

marcha realiza la disposición final de los RAEE de forma responsable, minimizando el impacto que los residuos electrónicos pueden producir sobre el suelo, el recurso hídrico y los ecosistemas, y por ende los efectos sobre la salud humana.

PALABRAS CLAVES: Evaluación, ambiental, computadores, RAEE, huella de carbono, sostenibilidad

INVESTIGACIÓN + CONVERSACIÓN = ACCIÓN

El **Centro Nacional de Consultoría** es una firma de investigación y consultoría, centrada en la creación de valor a través de la escucha generosa de sus necesidades, el estudio cuidadoso de sus problemas y el desarrollo de soluciones comercialmente viables que les garanticen el progreso.

El Centro se compromete con un nuevo liderazgo de servicio construido sobre cuatro dimensiones: el sentido de realidad, la ética, la visión y el coraje para hacer siempre la tarea.

I. INTRODUCCIÓN

El programa COMPUTADORES PARA EDUCAR (CPE), es una asociación integrada por la Presidencia de la República, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones, el Ministerio de Educación Nacional, el Fondo TIC y el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, para promover las TIC como un factor de desarrollo equitativo y sostenible en Colombia. El Programa CPE fue inaugurado en marzo de 2001 y su objetivo principal es posibilitar que los niños y docentes accedan a las tecnologías de la información y las comunicaciones – TIC, promoviendo y guiando el uso de los contenidos del Ministerio de Educación, así como garantizando el uso y apropiación de contenidos y plataformas en el aprendizaje escolar, para así impactar de manera positiva la calidad de la educación.

Computadores para Educar como parte del desarrollo de misión recibió computadores donados por empresas públicas y privadas, para su reacondicionamiento y posterior entrega, sin costo, a instituciones educativas, casas de la cultura y bibliotecas públicas de todo el país, con el propósito de cerrar brechas digitales, sociales y regionales, fomentando el uso de las TIC en la educación y a la vez contribuyendo a la preservación del ambiente, no solo a través del reúso de computadores, sino de la gestión adecuada de residuos electrónicos. En el marco de su estrategia social y ambiental, Computadores para Educar promueve además la inclusión de población en condiciones de vulnerabilidad y discapacidad. El Decreto 2324 de noviembre del 2000 y la Directiva Presidencial 02 de 2001 complementaron el marco político y facilitaron el desarrollo de CPE.

CPE desarrolló el reacondicionamiento de equipos donados a través de tres centros ubicados en Bogotá, Cali y Medellín. Desde el año 2007 fue creado el Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos (CENARE) para aprovechar y gestionar adecuadamente los residuos electrónicos generados en el proceso de reacondicionamiento, que ya no pueden ser reincorporados al proceso, así como los computadores reacondicionados una vez cumplen su segundo ciclo de vida útil. En ese orden de ideas, desde el punto de vista ambiental resulta positivo que por una parte, aquellos equipos que han sido desechados puedan tener un potencial de reacondicionamiento para ser incorporados de nuevo a la etapa de uso, evitando de esta manera su disposición final definitiva y probablemente inadecuada por parte de los usuarios iniciales; y por otra parte, que el proceso de reacondicionamiento cuente con una estrategia articulada de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) a través de CENARE. Por tanto, el programa CPE ha considerado

pertinente analizar y cuantificar los impactos generados en los principales procesos (reacondicionamiento, gestión de residuos electrónicos y robótica educativa ambiental) en el marco de un análisis de ciclo de vida (ACV).

II. METODOLOGIA

La evaluación de impato ambiental del programa Computadores para Educar (CPE) se desarrolló en cuatro fases: 1. Valoración de impactos ambientales, 2. Cálculo de huella de carbono de la estrategia de reacondicionamiento y gestión de RAEE, 3. Valoración de impactos sociales de la estrategia de reacondicionamiento y CENARE y 4. Cuantificación de impactos ambientales, sociales y económicos.

Fase 1: Valoración de impactos ambientales

Para el presente estudio se hizo una revisión de las metodologías existentes para establecer los criterios y escalas de valoración de impactos más apropiada para el programa "Computadores para Educar" enmarcada en los procesos de recondicionamiento y gestión de RAEE y subprocesos asociados.
Con base en las anteriores consideraciones, los métodos existentes y la solicitud del programa respecto a desarrollar un método reconocido y validado, se seleccionó el ***método Domingo Gómez Orea modificado (1994)***, de acuerdo con lo expuesto en el documento de Guillermo Espinoza del BID-CED en el marco del "Programa de Apoyo para el Mejoramiento de la Gestión Ambiental de América Latina y el Caribe" que recoge las principales metodologías de valoración de impactos y se adaptó al programa CPE, la cual se describe a continuación:

1. Definición del área de influencia: CPE opera a nivel nacional y la influencia en términos ambientales se evaluará desde los procesos de reacondicionamiento y gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos – RAEE.

2. Los factores ambientales que se recomiendan para la valoración de impactos ambientales son los siguientes:

    - Suelo: determinado como sumidero principal de los residuos en general generados por diferentes segmentos asociados al programa (donantes, beneficiarios, centros de reacondicionamiento y Cenare).
    - Aire: determinado por la afectación de las emisiones de gases efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono por la combustión y consumo de energía eléctrica y otras emisiones dispersas o fugitivas.
    - Paisaje: determinado por la incidencia de las operaciones en CPE en ecosistemas estratégicos o de interés local.
    - Social: determinado por la generación de empleo en centros de reacondicionamiento y Cenare y por el acceso a las Tic.
    - Económico: determinado por el aprovechamiento y reutilización de materiales reciclables y limpios

3. Definición de los criterios de valoración ambiental

    - **Signo,** positivo, negativo y neutro, considerando a estos últimos como aquellos que se encuentran por debajo de los umbrales de aceptabilidad contenidos en las regulaciones ambientales.
    - **Intensidad,** en el medio ambiente, clasificado como: alta, media y baja
    - **Extensión,** o territorio involucrado, clasificado como: puntual, parcial y extenso

- **Momento,** entendido como el tiempo en el que los impactos se presenten, clasificado como: inmediato, medio y largo plazo.
- **Persistencia o duración,** a lo largo del tiempo, clasificado como: "permanente" o duradera en la vida del proyecto, "temporal" o durante la operación del proyecto.
- **Reversibilidad,** para volver a las condiciones iniciales, clasificado como: "corto plazo" si no requiere ayuda humana, "medio plazo", si requiere ayuda humana, "largo plazo", si requiere ayuda humana y puede generar una nueva condición ambiental, e "imposible" si se debe generar una nueva condición.

Cada criterio tiene un valor o peso en la valoración de la significancia:

Signo	Beneficioso	+
	Perjudicial	-
	Previsible pero dificil de calificar sin estudios de detalle	x
Intensidad (cualitativa)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Extensión	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso (todo el ámbito)	3
Momento en que se produce	Inmediato	3
	Medio	2
	Largo plazo	1
Persistencia	Temporal	1
	Permanente	3
Reversibilidad del efecto	Imposible	4
	Largo plazo	3
	Medio plazo	2
	Corto plazo	1

Fuente: elaboración propia, 2014

Se aplica la siguiente fórmula para establecer la importancia del impacto:

- (signo) (3(valor inensidad)+2(valor extensión)+valor del momento+valor de reversibilidad)

Fase 2: Cálculo de huella de carbono de la estrategia de reacondicionamiento y gestión de RAEE

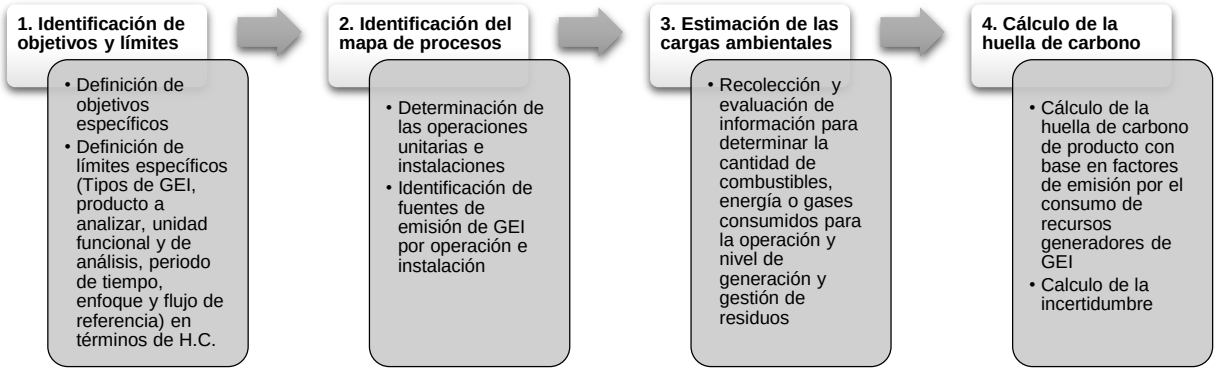
En este caso de estudio, la metodología de cálculo de la huella de carbono seleccionada es el *Estándar de Contabilidad y Reporte del Ciclo de Vida de un Producto*[1], el cual tiene una amplia aplicación internacional y usa como referencias normativas los estándares ISO de ciclo de vida (14040 y 14044) y la norma PAS 2050 creada por el BSI (Instituto Británico de estándares).

Es así como los pasos para su cálculo en la estrategia de reacondicionamiento y gestión de RAEE del programa CPE se resume en 4 etapas principales, orientadas a: (i) definición de los objetivos y límites del cálculo, (ii) la identificación del mapa de procesos como base fundamental para la identificación de las fuentes de emisión, (iii) la estimación de cargas ambientales con base en las entradas y salidas de los procesos y,(iv) el desarrollo del cálculo con evaluación de la incertidumbre.

[1]Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. Desarrollado por el WRI (World Resources Institute) y el WBCSD (World Business Council for Sustainable Development),

En el diagrama 1 se presenta esquemáticamente el desarrollo metodológico para la estimación de la huella de carbono

Diagrama 1. Procedimiento metodológico para la estimación de la huella de carbono



Fuente: Elaboración propia 2014

Fase 3: Valoración de impactos sociales de la estrategia de reacondicionamiento y CENARE

A través de la obtención de información primaria a un tamaño de muestra ideal igual a 1.605 sedes beneficiados por el programa CPE, se hizo un análisis descriptivo diferenciando los siguientes grupos poblacionales: *directivos, docentes, estudiantes, padres de familia de instituciones educativas, funcionarios y usuarios de casas de la cultura y bibliotecas públicas;* cuyo objetivo principal fue observar la percepción y conocimientos que cada una de estas poblaciones beneficiadas tiene respecto al componente ambiental, y a su vez, identificar como influye el uso de computadores reacondicionados y la robótica educativa ambiental en la formación y desarrollo de las instituciones educativas.

El análisis se definió en dos vertientes principales. La primera es la gestión integral de RAEE, donde se observará el programa retoma y el programa robótica educativa ambiental, pilares de gestión de RAEE a cargo de CENARE y la segunda vertiente es el reacondicionamiento a cargo de los Centros de Reacondicionamiento.

Fase 4: Cuantificación de impactos ambientales, sociales y económicos

La cuantificación de los impactos ambientales y socioeconómicos de la estrategia ambiental del programa Computadores para Educar (CPE), sigue el enfoque de evaluación de proyectos de inversión pública, a través de la metodología ajustada de Costo-Beneficio (ACB-Ajustada), la cual permite comparar los esfuerzos públicos de inversión para la solución de una problemática y la cuantificación de los beneficios que la implementación del programa o proyecto le generan a la sociedad.

Para la determinación de los costos y beneficios que genera la estrategia ambiental definida dentro del programa, año a año, se tuvo en cuenta como principal aspecto, el entendimiento de la cadena de valor del programa, pues se constituye en uno de los instrumentos que se puede utilizar para entender la lógica con la que éste se creó e implementó (DNP, 2012), al dejar claridad sobre su

propósito, los recursos que se requieren para su ejecución, las actividades que intervienen y finalmente los posibles efectos que generará en la población objetivo y demás beneficiarios.

En este sentido, en análisis de Costo-Beneficio para la estrategia ambiental de CPE se hizo a través del análisis de dos aspectos: 1) acceso a TIC, que incluye el proceso de reacondicionamiento y, 2) el aprovechamiento ambiental, que se basa en la gestión de residuos electrónicos. Sobre estas dos líneas estratégicas, se identifican y cuantifican los impactos tanto ambientales, como socioeconómicos.

III. PRINCIPALES RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados según las fases de análisis establecidas para la evaluación de impacto ambiental del programa computadores para educar (CPE):

Fase 1: Valoración de impactos ambientales

En la valoración de los impactos ambientales se identificaron 15 impactos teniendo en cuenta el proceso de reacondicionamiento, robótica educativa y gestión de residuos que se analizaron por componente ambiental y actividad generadora. Una vez identificados los impactos ambientales se realizó su valoración cuantitativa, a través del método seleccionado, considerando los criterios de valoración para determinar su significancia.

De acuerdo con la valoración cuantitativa de los impactos se identificaron ocho impactos (8) positivos y siete (7) negativos. En la tabla N° 1 se muestra el resumen.

Tabla 1. Resumen de impactos ambientales

Impacto ambiental (negativos)	Impacto ambiental (positivos)
Contaminación del suelo por generación de residuos peligrosos de producción por producción, de-manufactura y almacenamiento y disposición final dispuestos en celdas de seguridad.	Disminución de la contaminación del suelo por generación de residuos aprovechables (cartón, papel, plásticos, etc.) de la entrada de equipos para reacondicionamiento o demanufactura que pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios, botaderos o espacios a cielo abierto para disposición final.
Contaminación del suelo por disposición de RAEE y RESPEL en celdas de seguridad.	Disminución en la contaminación del suelo por generación de residuos eléctricos y electrónicos excedentes de donación, producción, de-manufactura, retoma y robótica que pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios, botaderos o espacios a cielo abierto para disposición final.
Contaminación del aire por generación de emisiones dispersas de producción que no superan los límites operacionales.	Aprovechamiento y valorización de residuos aprovechables, RAEE para reúso y reutilización.
Contaminación del aire por generación de ruido de producción y de de-manufactura que no superan los límites operacionales.	Disminución de la minería de extracción de metales preciosos y raros.
Contaminación del aire por generación de olores de producción que no superan los límites operacionales.	Disminución de la contaminación por las emisiones evitadas de gases efecto invernadero por producción de equipos reacondicionados y por retoma.
Contaminación del aire por generación consumo de energía y procesos de combustión.	Mejoramiento de la calidad de vida de las personas que laboran para reacondicionamiento y gestión de RAEE.
Afectación del paisaje por la disposición de RAEE en sitios no permitidos.	Acceso a equipos de cómputo y herramientas tecnológicas.

Reincorporación de materiales limpios al proceso.

Fuente: Adaptación propia, 2014. Basado en el Documento de gestión y fundamentos de evaluación de impactos ambientales del BID-CED. 2002.

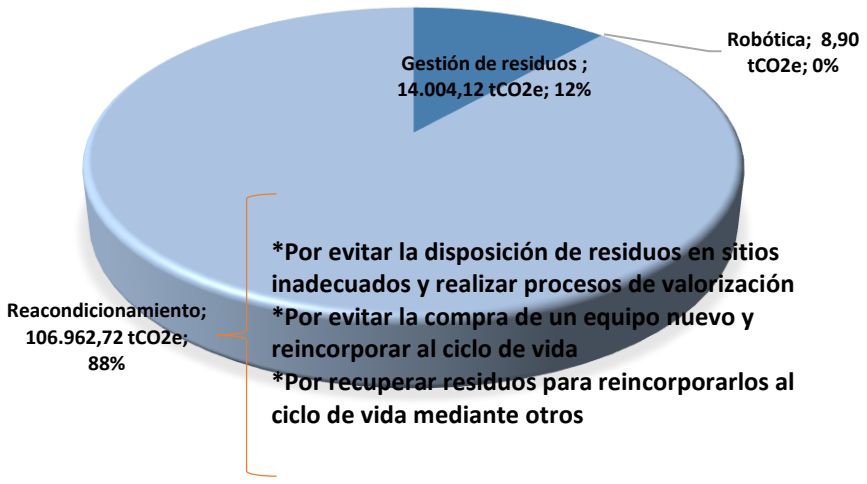
Los impactos ambientales positivos permiten una disminución de RAEE por reacondicionamiento de PC, materiales para reutilización y valorización y aprovechamiento de residuos RAEE para robótica, lo que evita su manejo inadecuado y a su vez reduce su disposición en rellenos sanitarios, botaderos o espacios a cielo abierto.

Fase 2: Cálculo de huella de carbono de la estrategia de reacondicionamiento y gestión de RAEE

CPE realiza una gestión integral de RAEE de computadores mediante el reúso (reacondicionamiento) y gestión ambientalmente racional de RAEE, valorizando materiales limpios para su reingreso en procesos productivos, fomentando la recuperación de metales raros y preciosos y garantizando una gestión adecuada de los residuos peligrosos. En año 2013, la gestión ambiental del programa CPE dejó de disponer en las celdas de seguridad 3.865,8 toneladas de RAEE que equivale al 8,9 % del total de las toneladas de RAEE de computadores producida a nivel nacional. En este caso, solo la gestión de RESPEL, evitó la disposición en relleno para el mismo año de 1.130,6 toneladas.

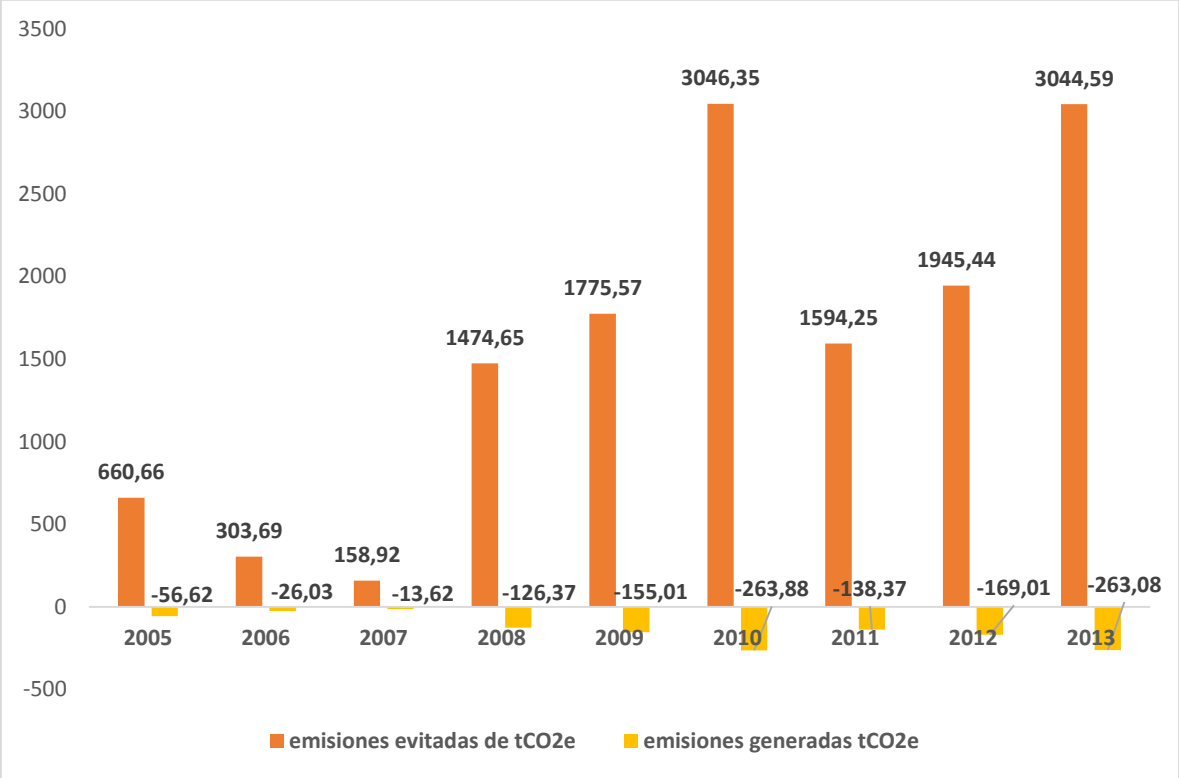
Los resultados del cálculo de huella de carbono mostraron que la estrategia de reacondicionamiento ha generado con su funcionamiento unas emisiones de 28.534.74 tCO2e, dejando de emitir (respecto a un equipo nuevo) 106.962 tCO2e, con un balance positivo; así mismo, por gestión de RAEE ha producido unas emisiones de 1.211,9 tCO2e y le ha evitado un total de 14,004.12 toneladas CO2e al país (ver gráfica 2), lo que representan un 6.81% de las 205.771,1 toneladas CO2e por disposición de RAEE en Colombia). Por robótica las emisiones evitadas por dejar de disponer estos residuos es de 8.90 tCO2e y por la estrategia de retoma las emisiones evitadas equivalen a 13.422,1 tCO2e, con un balance favorable de 27.435,12 tCO2e; sin que en su cálculo se haya considerado el beneficio ambiental de la recuperación de metales preciosos y raros.

Gráfica 1. Emisiones evitadas por la estrategia de Gestión Ambiental de CPE en tCO2e



Fuente: Elaboración propia, 2014

Gráfica 2. Emisiones evitadas Vs Emisiones generadas anualmente por la estrategia de Gestión de Residuos de CPE



Fuente: Elaboración propia, 2014

* Los datos de 2005 y 2006 corresponden a pruebas piloto ya que CENARE entró en funcionamiento formalmente a partir del año 2007

Como se presenta en la gráfica 2, es de resaltar que las actividades adelantadas por la estrategia de Gestión de Residuos representan, desde el punto de vista ambiental, un beneficio importante, teniendo en cuenta que desde su puesta en marcha ha logrado mantener una tasa en la que por cada tonelada emitida al año evita en promedio 11.6 toneladas al año. Esto nos permite afirmar que CPE realiza la disposición final de los RAEE de forma responsable, minimizando el impacto que generan sobre el suelo, el recurso hídrico y los ecosistemas, y por ende los efectos sobre la salud humana.

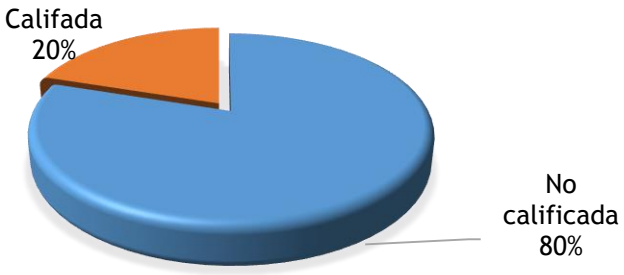
Fase 3: Valoración de impactos sociales de la estrategia de reacondicionamiento y CENARE

Empleo CENARE

Los cargos establecidos en Computadores para Educar para mano de obra calificada y no calificada, así como las responsabilidades que deben cumplirse se relacionan con el Manual de Funciones y Competencias Laborales, donde se establecen los términos y condiciones de las competencias laborales con relación a conocimientos y aptitudes, nivel de escolaridad, experiencia en las actividades a realizar y habilidades que se requiere para cada cargo. En CENARE, un 97 % de la

mano de obra directa se ha mantenido desde 2007 a 2014 en los cargos de coordinador del área de residuos, jefe de centro, asistente de investigación, técnico senior, técnico de bodega, almacenista y técnicos de planta. El 61 % del número de técnicos contratistas se ha mantenido durante de 2007 a 2014 y el 80 % de mano de obra indirecta corresponde a no calificada, en actividades desarrolladas como auxiliares de logística, bodega y transporte (ver gráfica 3).

Gráfica 3. Resultados mano de obra no calificada

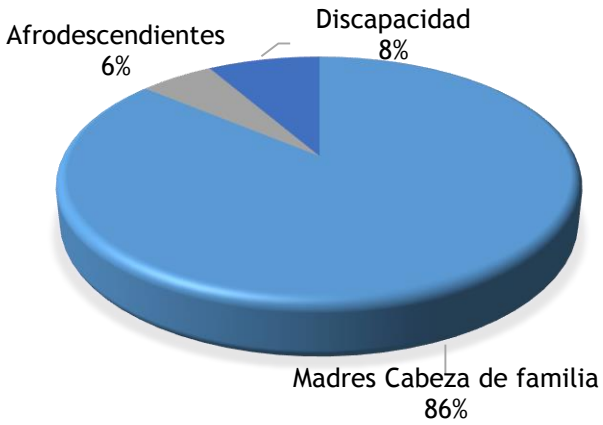


Fuente: Elaboración propia a partir de las encuestas realizadas por CNC 2014

Población Vulnerable

CENARE desde el 2008 tiene como estrategia social, incorporar grupos en condiciones de vulnerabilidad, de tal manera el 86% de la población en estado de vulnerabilidad son madres cabeza de familia; el 8 % son personas en condición de discapacidad y un 6 % pertenecen a la comunidad afrodescendiente, lo cual genera un impacto social apreciable teniendo en cuenta que les proporciona estabilidad en su entorno familiar y se les ayuda a alcanzar logros personales, mejorando así su calidad de vida (ver gráfica 4).

Gráfica 4. Resultados población vulnerable



Fuente: Elaboración propia a partir de las encuestas realizadas por CNC 2014.

En cuanto a los centros de reacondicionamiento particularmente en Medellín, se apoya a dos (2) madres cabeza de familia[2] y como compromiso social de CPE generó oportunidades laborales para la población con discapacidad, apoyando a corte 2013, cinco (5) personas sordomudas que vienen

[2] Información es suministrada en la visita técnica realizada a CRM.(2014)

adelantando trabajos operativos en los centros de reacondicionamiento, estas personas en cada una de sus unidades laborales aumentan y fortalecen sus conocimientos en sistemas[3].

Análisis de grupos poblacionales beneficiados:

Los resultados de las encuestas realizadas en el trabajo de campo en lo referente al componente ambiental, se encuentra con respecto a la percepción que los usuarios tienen sobre el impacto positivo que los equipos reacondicionados generan para el ambiente es más conocida entre los docentes, con un 81% y usuarios de las bibliotecas públicas y casas de la cultura con un 68%, que entre los estudiantes de las instituciones educativas quienes son los directamente beneficiados, con escasamente un 40% y los padres de familia con un 33%. Estos resultados demuestran que la estrategia de comunicación y capacitación de los beneficios ambientales deben estar más enfocadas hacia los estudiantes y sus padres de familia.

Frente a la percepción que tiene la población en cuanto a los impactos negativos generados por los RAEE es más alta. El impacto que la basura electrónica genera, tiene un resultado de un 65 % de estudiantes que afirmaron conocer los impactos negativos, los padres de familia en un 53%, los usuarios de bibliotecas públicas y casas de la cultura en un 60%, lo que se puede interpretar como un avance en el conocimiento de los impactos negativos. De otra manera la estrategia de retoma, es considerada importante para el manejo integral de residuos en las instituciones educativas, el 35% de ellas afirman haber usado este servicio y las bibliotecas públicas y casas de la cultura manifiestan que lo hicieron en un 30%, lo que permite evidenciar la importancia de consolidar el programa de retoma con las ventajas ambientales que se generan con este proceso.

Fase 4: Cuantificación de impactos ambientales, sociales y económicos

Para el análisis de costo beneficio, se valorarán los impactos positivos relacionados a continuación dados los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Tabla 2. Impactos ambientales y sociales para análisis de costo beneficio

Impactos ambientales y sociales	Beneficios
Disminución en la contaminación del suelo por generación de residuos eléctricos y electrónicos excedentes de donación, producción, demanufactura, retoma y robótica que pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios, botaderos o espacios a cielo abierto para disposición final.	Disminución de RAEE para disposición final por reacondicionamiento de PC.
Disminución de la contaminación por las emisiones evitadas de gases efecto invernadero por producción de equipos reacondicionados y por retoma, dejando de disponer como residuos.	Emisiones evitadas de gases efecto invernadero (GEI) por demanufactura.
Aprovechamiento y valorización de residuos aprovechables, RAEE para reúso y reutilización.	Aprovechamiento de residuos RAEE para robótica.
	Materiales para reutilización y valorización.
Incorporar en la entrega de equipos de cómputo un componente de formación ambiental.	Acceso a otras herramientas tecnológicas.

[3] Información suministrada por CPE como archivo digital : Empleados con alguna discapacidad física.doc(2014)

Mejoramiento de la calidad de vida de las personas que laboran para reacondicionamiento y gestión de RAEE.	Generación de empleo por reacondicionamiento, CENARE y retoma.

Fuente: Adaptación propia, 2014.

Al evaluar el proyecto con una tasa social de descuento del 8%; genera una relación donde por cada peso invertido se obtienen de retorno 1,16 pesos, con un VPN positivo y una tasa interna social de retorno (TIRS) de 23,58%.

Tabla 3. Evaluación beneficio-costo y cálculo del VPN y TIR de la gestión ambiental del programa CPE

Valor Presente Neto (VPN)	24.512
Tasa de descuento	8%
TIR	23,58%
Relación Beneficio-Costo	1,16

Fuente: elaboración propia, 2014

*VPN en millones de pesos

Al estimar los beneficios, separando el proceso de reacondicionamiento y la gestión de los RAEE; los resultados son positivos en ambos casos, teniendo en cuenta que la cuantificación económica de los beneficios realizada ha sido conservadora. Utilizando una tasa de descuento del 8%, los resultados muestran para el primer caso, una relación beneficio costo mayor que 1, es decir que los beneficios superan los costos; es así como, por cada peso invertido se obtienen 1,16 pesos. Pese a los altos costos que en los últimos años ha venido asumiendo CPE por reacondicionar los equipos pasando en el 2010 de 265 mil pesos de equipo reacondicionado a 440 mil pesos en el 2012.

Tabla 4. Evaluación beneficio-costo y cálculo del VPN y TIR de la gestión ambiental del programa CPE

Componente Centros de Reacondicionamiento			
Valor Presente Neto (VPN)	24.381	24.246	24.154
Tasa de descuento	12%	9%	8%
TIR	28,01%	24,58%	23,44%
Relación Beneficio-Costo	1,2	1,17	1,16
Componente Gestión RAEE			
Valor Presente Neto (VPN)	345	354	357
Tasa de descuento	12%	9%	8%
TIR	123,16%	117,18%	115,19%
Relación Beneficio-Costo	1,077	1,075	1,075

Fuente: elaboración propia, 2014

*VPN en millones de pesos

Para el caso de gestión de RAEE, se presenta una TIR equivalente a 115,19%. La relación beneficio costo para el periodo 2007-2013 es también mayor que 1, siendo de 1,07, al evaluarse con una tasa

de descuento del 8%, es de resaltar los beneficios por la generación de empleo en CENARE y por emisiones evitadas de CO2.

Es importante mencionar con respecto a los beneficios generados por emisiones evitadas de gases efecto invernadero (GEI) por gestión de RAEE, que aunque ha tenido un comportamiento favorable con relación al crecimiento promedio en la cantidad de emisiones evitadas (29,8%); al monetizar el beneficio con los precios de CO2 que se cotizan en el mercado, el valor varía en el tiempo y ha tendido a disminuir, mientras que en el año 2008 el precio de la tonelada de CO2 fue en promedio de 22 euros, en el año 2013 dicho valor bajo en promedio a 4 euros.

IV. SOSTENIBILIDAD DEL PROGRAMA

Frente al proceso de reacondicionamiento, encontramos que este es amigable con el ambiente dada su operación manual y el uso racional de los recursos, sin embargo, el reacondicionamiento se ha vuelto un proceso muy costoso, mientras que en el año 2010 reacondicionar un equipo de cómputo le alcanzó a costar a CPE aproximadamente 265 mil pesos, en el año 2012 costó cerca de 440 mil pesos. Al revisar el comportamiento de los costos vs el crecimiento de los computadores reacondicionados, por ejemplo en el año 2012 se encontró que los costos se incrementaron en un 54% mientras que la cantidad de equipos reacondicionados disminuyeron en un 46%. Esto sumado a las diferencias técnicas que pueden se pueden tener al usar un equipo nuevo en comparación con un equipo reacondicionado, el tiempo de vida útil y la tendiente disminución en los precios de compra de equipos nuevos, además de la preferencia de los usuarios beneficiados del programa CPE (según los resultados de las encuestas) por adquirir computadores nuevos, reevalúa la viabilidad de continuar con este proceso.

El proceso de Retoma, dada su tercerización, representa una gran carga desde el punto de vista ambiental (línea de tendencia de las emisiones generadas) debido a que CPE no controla completamente el proceso. Es decir, es el proveedor quien genera ese impacto directo en el ambiente. No obstante, el esfuerzo hecho por la estrategia de Gestión de Residuos por compensar ese impacto negativo ha venido disminuyendo la brecha, logrando incrementar en 46% las emisiones evitadas en 2013 con respecto a las evitadas en 2012. Este porcentaje de incremento es mayor a la tasa de incremento de las emisiones generadas por el proceso de retoma, que es del 42%.

Si bien la diferencia aún entre la tasa de generación de emisiones frente a las evitadas es relativamente pequeña, es preciso resaltar que este resultado se da en una ventana de solo 4 años (2010 a 2013), que es el periodo en que el programa de Retoma entra en funcionamiento. Lo anterior ha obligado a que los procesos de gestión de residuos logren un nivel de consolidación en corto tiempo y sean ahora más eficientes, desde el punto de vista ambiental, dado que ha tenido que retomar no solo los equipos que han entrado en desuso desde 2010 sino aquellos que se encontraban en desuso desde que inició el programa en 2001. También es preciso anotar que uno de los retos para CPE es el poder cuantificar el impacto positivo que se genera a partir del proceso de recuperación de metales que no se tuvo en cuenta dentro del alcance de este estudio. Lo que nos sugiere que la cifra aquí reportada para las emisiones evitadas (27,426.22 tCO2e) que sintetiza el beneficio del programa en términos ambientales, puede ser mayor.

Desde el análisis social, en el caso de las instituciones educativas, los resultados muestran que los docentes tienen una mayor percepción que los estudiantes y padres de familia, respecto al impacto positivo que generan los procesos de reacondicionamiento, retoma y gestión de residuos electrónicos y en el caso de las bibliotecas y casas de la cultura, los funcionarios más que los usuarios; no obstante, se recomienda fortalecer las estrategias de divulgación y capacitación a toda la población objeto de las acciones de CPE, en lo relativo a los beneficios ambientales generados por el programa.

En cuanto a los impactos negativos generados por la basura electrónica, las cifras muestran que existe conciencia ambiental frente a la problemática, sin embargo esto no garantiza que los estudiantes y padres de familia lleven a cabo acciones ambientales responsables en el manejo de los residuos de computadores. Esto se evidencia con el bajo porcentaje (alrededor del 30%) de instituciones que ha usado el servicio de retoma. De acuerdo con lo anterior, resulta importante generar espacios donde se adelanten talleres y capacitaciones, para dar a conocer de forma masiva, las ventajas ambientales de la gestión RAEE y fomentar en los diferentes segmentos interesados prácticas responsables con el ambiente.

Como oportunidades frente a la gestión de RAEE, se evidencia que CPE puede generar mayor visibilidad de su manejo ambiental a través de proceso de formación y sensibilización en sus grupos de interés e identificar nuevos y potenciales usos de los RAEE, entre ellos se puede considerar una línea de investigación con el concurso de la academia y sectores de investigación, jugando un papel importante frente a los retos del país en temas de innovación.

El programa CPE, diseñado y operado desde una misión ambientalmente sostenible, es socialmente rentable, al generar beneficios sociales y ambientales que superan sus costos; la relación beneficio costo al evaluar el proyecto con una tasa social de descuento, por ejemplo del 8%; establece que por cada peso invertido se obtienen de retorno 1,16 pesos. Así mismo, estos beneficios al ser monetizados, superan los costos de operación e inversión, obteniendo un VPN positivo y una tasa interna social de retorno (TIRS) de 23,58%.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el marco internacional de las políticas desarrolladas para la gestión de los RAEE y la vinculación a impactos sociales diferentes a los de reducción de la brecha digital, CPE es un programa referente a nivel Latinoamérica que ha permitido desarrollar iniciativas similares en otras regiones, promoviendo un concepto de responsabilidad ambiental y articulación con las políticas de desarrollo que reducen la brecha entre las TIC y las comunidades menos favorecidas. Dentro de este contexto se considera importante conservar el liderazgo que ha alcanzado CPE en la región, al tener clara conciencia de la importancia de abordar el tema del manejo ambientalmente racional de los residuos electrónicos, yendo en el mismo sentido de organizaciones como la Unión Internacional de Comunicaciones, al respecto, su Secretario General Houlin Zhao, declaró en la presentación del informe para la gestión de residuos eléctricos y electrónicos en América Latina: "*La defensa que hace la UIT de los beneficios ligados a las tecnologías de la información y la comunicación va acompañada de la responsabilidad de mejorar la sostenibilidad medioambiental del Sector de las TIC*"[4].

De acuerdo con la Evaluación de Desempeño Ambiental de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2014) las emisiones GEI podrían aumentar en un 50% para 2020, el programa CPE contribuye directamente a la reducción de dichas emisiones por el proceso de reacondicionamiento y gestión de RAEE aumentando la eficacia medioambiental y la eficiencia económica a través del cumplimiento de las políticas de manejo de residuos por infraestructuras de tratamiento eficiente (Centros de Reacondicionamiento y CENARE). Es así como los resultados del cálculo de huella de carbono de la estrategia ambiental de CPE, mostraron, según el presente informe, que el reacondicionamiento ha generado con su funcionamiento unas emisiones de 28.534.74 tCO2e, dejando de emitir (respecto a un equipo nuevo) 106.962 tCO2e, con un balance positivo; así mismo, por gestión de RAEE ha producido unas emisiones de 1.476,45 tCO2e y le ha evitado un total de 14,004.12 toneladas CO2e al país (lo que representan un 6.81% de las 205.771,1

[4] Sala de prensa de la UIT, publicado el 19 de mayo de 2015 en Ginebra – Suiza, y recuperado de la página: http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2015/14-es.aspx#.VWX_Ms9_NBc, el día 27 de mayo de 2015

toneladas CO2e por disposición de RAEE en Colombia),. Por robótica las emisiones evitadas por dejar de disponer estos residuos es de 8.90 tCO2e y por la estrategia de retoma las emisiones evitadas equivalen a 13.422,1 tCO2e, con un balance favorable de 27.435,12 tCO2e.

CPE es el único programa de gobierno con presencia nacional que realiza una gestión integral de RAEE de computadores mediante el reúso (reacondicionamiento) y gestión ambientalmente racional de RAEE, valorizando materiales limpios para su reingreso en procesos productivos, fomentando la recuperación de metales raros y preciosos y garantizando una gestión adecuada de los residuos peligrosos. Por ejemplo, en año 2013, la gestión ambiental del programa CPE dejó de disponer en las celdas de seguridad 3.865,8 toneladas de RAEE que equivale al 8,9 % del total de las toneladas de RAEE de computadores producidas a nivel nacional. En este caso, solo la gestión de RESPEL, evitó la disposición en relleno para el mismo año de 1.130,6 toneladas.

Las actividades adelantadas por la estrategia de Gestión de Residuos representan, desde el punto de vista ambiental, un beneficio importante teniendo en cuenta que desde su puesta en marcha ha logrado mantener una tasa en la que por cada tonelada emitida al año evita en promedio 11.6 toneladas al año. Esto nos permite afirmar que CPE realiza la disposición final de los RAEE de forma responsable, minimizando el impacto que generan sobre el suelo, el recurso hídrico y los ecosistemas, y por ende los efectos sobre la salud humana.

En ese sentido, el esfuerzo y el aprendizaje que ha tenido CPE a través de su estrategia de Gestión de RAEE, le ha permitido la cuantificación de los beneficios ambientales y sociales del Programa CPE y que hacen explícito unos impactos positivos que antes no estaban cuantificados y que van más allá de la valoración de mercado, dadas las externalidades a nivel de formación de capital social, el entrenamiento de la mano de obra en los procesos internos de reacondicionamiento y la disposición final de RAEE. Un argumento que soporta esta afirmación es el hecho de que CPE es el primer programa de gestión de RAEE del país en realizar el cálculo de huella de carbono mediante el análisis de ciclo de vida (ACV), lo que en la actualidad se traduce en una herramienta de decisión que contempla variables ambientales, económicas y de eficiencia de sus procesos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Belboom, S., Renzoni, R., Deleu, X., Digneffe, J.-M., Leonard, A., 2011. Electrical waste anagement effects on environment using life cycle assessment methodology: the fridge case study. In: SETAC EUROPE 17th LCA Case Study Symposium Sustainable Lifestyles, Budapest, Hungary, p. 2.

Brunner, P., Rechberger, H., 2004. Practical handbook of material flow analysis. The International Journal of Life Cycle Assessment 9, 337–338.

Campbell, D. (2001). Can the digital divide be contained? International Labour Review, 140(2), 119–141.

Canter y Sadler. (1997). A tool kit for effective EIA practice review of methods and perspective on their application A Supplementary Report of the International Study of the effetiveness of Enviromental Assesment. International Association for Impact Assessment. Recuperado el 14 de 06 de 2013, de http://egs.uct/docs/canter/eiacover.html

Chon, K. (2001). The future of the Internet digital divide. Communications of the ACM, 44(3), 116–117.

Computadores para Educar (2012). Informe de gestión 2012. Bogotá: CPE

Computadores para Educar (2013). Informe de gestión 2013. Bogotá: CPE

Departamento Nacional de Planeación DNP. (2012). *Guía para la Evaluación de Políticas Públicas Serie de Guías Metodológicas Sinergia.* Bogotá: DNP.

Departamento Nacional de Planeación DNP. (2014). *Guía para la construcción y estandarización de la Cadena de valor*. Bogotá: DNP.

Duan, H., Eugster, M., Hischier, R., Streicher-Porte, M., Li, J., 2009. Life cycle assessment study of a Chinese desktop personal computer. Science of the Total Environment 407, 1755–1764.

Espinoza, Guillermo. (2002). Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Cooperación Técnica No. ATN/JF-6618-RG "Programa de Apoyo para el Mejoramiento de la Gestión Ambiental en los Países de América Latina y el Caribe" Banco Interamericano de Desarrollo BID, Centro de Estudios para el Desarrollo – CED. Santiago de Chile.

Faist Emmenegger, M., Frischknecht, R., Stutz, M., Guggisberg, M., Witschi, R., Otto, T., 2006. Life cycle assessment of the mobile communication system UMTS: towards eco-efficient systems. The International Journal of Life Cycle Assessment 11, 265–276.

Garfi, M., Tondelli, S., Bonoli, A., 2009. Multi-criteria decision analysis for waste management in Saharawi refugee camps. Waste Management 29, 2729–2739.

Herva, M., Roca, E., 2013. Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. Ecological Indicators 25, 77–84.

Hischier, R., Baudin, I., 2010. LCA study of a plasma television device. The International Journal of Life Cycle Assessment 15, 428–438.

Kiddee, P., Naidu, R., y Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: an overview. Waste Management (New York, N.Y.), 33(5), 1237–50. doi:10.1016/j.wasman.2013.01.006.

Leijting, J. (2012). The benefits of e-waste recycling in the Netherlands. Paper presented at Electronics Goes Green 2012+, ECG 2012 - Joint International Conference and Exhibition, article 6360484.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Presentación: situación actual de los residuos peligrosos y RAEE en Colombia. Recuperado el día 15 de diciembre de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358046/ENTORNO_DE_CONOCIMIENTO/UNIDAD_1/CAPITULO_1/situacion_actual.PDF

Mixteca, Universidad Tecnológica de la. (Agosto de 2013). *Notas Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales.* Recuperado el 12 de 12 de 2014, de http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas50/T50_2Notas1-MetodologiasparalaIdentificacion.pdf

Munoz, I., Gazulla, C., Bala, A., Puig, R., Fullana, P., 2009. LCA and ecodesign in the toy industry: case study of a teddy bear incorporating electric and electronic components. The International Journal of Life Cycle Assessment 14, 64–72.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2013. Enfoques Estratégicos sobre las TICS en educación en América Latina y el Caribe. Santiago: UNESCO.

Ortegón, E., Pacheco, J.F., Roura, H. (2005) Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública. CEPAL- Serie Manuales N° 39, Santiago de Chile.

Park, P.-J., Tahara, K., Jeong, I.-T., Lee, K.-M., 2006. Comparison of four methods for integrating environmental and economic aspects in the end-of-life stage of a washing machine. Resources, Conservation and Recycling 48, 71–85.

Pollock, D., Coulon, R., 1996. Life cycle assessment of an inkjet print cartridge. In: Proceedings of the 1996 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 1996, ISEE-1996, pp. 154–160.

Papaoikonomou, K., Kipouros, S., Kungolos, A., Somakos, L., Aravossis, K., Antonopoulos, I., y Karagiannidis, A. (2009). Marginalised social groups in contemporary weee management within social enterprises investments: A study in Greece. Waste Management (New York, N.Y.), 29(5), 1754–9. doi:10.1016/j.wasman.2008.11.012.

Prek, M., 2004. Environmental impact and life cycle assessment of heating and air conditioning systems, a simplified case study. Energy and Buildings 36, 1021– 1027.

Premalatha, M., Abbasi, T., y Abbasi, S. A. (2014). The Generation, Impact, and Management of E-Waste: State of the Art. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44(14), 1577–1678. doi:10.1080/10643389.2013.782171.

Schischke, K., Spielmann, M., 2001. Environmental assessment in production of electronic components – possibilities and obstacles of LCA methodology. In: 13th Discussion Forum on Life Cycle Assessment, Lausanne, Switzerland, p. 9.

Syafa Bakri, S.N., Surif, S., Ramasamy, R.K., 2008. A case study of life cycle assessment (LCA) on ballast for fluorescent lamp in Malaysia. In: IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2008, ISEE 2008, pp. 1–4.

Universidad de los Andes, Centro de Estudios Sobre Desarrollo Económico. (2010). Evaluación de impacto y sostenibilidad del programa computadores para educar. Bogotá: CEDE

Universitat Digital a Catalunya - Tesis Doctorales en Red. (2011). http://www.tdx.cat/. Recuperado el 12 de 12 de 2014, de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/04Lagl04de09.pdf;jsessionid=CD99FD74BBF2ABEFF63EAC9601F3BEE0.tdx1?sequence=4

Vallauri, U. (2009). Beyond e-waste: Kenyan creativity and alternative narratives in the dialectic of end-oflife. In ethics of waste in the information society. International Review of Information Ethics, 11, 20–23.

Yanagitani, K., Kawahara, K., 2000. LCA study of air conditioners with an alternative refrigerant. The International Journal of Life Cycle Assessment 5, 287–290.