



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

***PROPUESTA DE UN PROCESO DE RECOLECCIÓN
DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS PARA MOTIVAR LA
PARTICIPACIÓN EN POBLACIONES DEFINIDAS***

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

MISAE L ROSAS PÉREZ



TUTOR:

DRA. MAYRA ELIZONDO CORTÉS

2012



JURADO ASIGNADO:

Presidente: DRA. MONROY LEON COZUMEL ALLANEC

Secretario: DR. BORJA RAMÍREZ VICENTE

Vocal: DRA. ELIZONDO CORTÉS MAYRA

1er. Suplente: DR. BAUTISTA GODINEZ TOMÁS

2do. Suplente: M. C. DEL MORAL DÁVILA MANUEL

Lugar donde se realizó la tesis: POSGRADO DE INGENIERÍA UNAM,
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS

TUTOR DE TESIS:

DRA. MAYRA ELIZONDO CORTÉS

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por seguir rodearme de gente hermosa y estar conmigo en todo momento. Por traerme hasta aquí.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, al Posgrado de la Facultad de Ingeniería y al Departamento de Sistemas, por brindarme la oportunidad de aprender, de superarme y crecer como persona.

A mis padres Joel y Susana por apoyarme en todo este proceso, por su amor y palabras de aliento. A mis hermanos Berenice, Miriam y Daniel que siempre traen alegría a mi vida.

A Ariadna porque sin ti no estaría aquí, por todas las ideas y consejos, por amarme en las buenas y en las malas. Por animarme a hacer cosas grandes.

A la Dra. Mayra Elizondo Cortés por todo su apoyo en este aventurado proyecto, por creer en mí.

A todos los amigos que conocí en el Posgrado, por sus enseñanzas, risas y desvelos para que los trabajos salieran. Especialmente a Gaby y Píli que rieron y sufrieron conmigo aún antes de entrar.

A la Dra. Cozumel Monroy, al Dr. Vicente Borja, al Dr. Tomás Bautista, al MC. Manuel del Moral por el tiempo que invirtieron en escucharme y revisar esta tesis.

Al CONACYT por otorgarme una beca en el tiempo que realicé mis estudios de maestría, los cuales he concluido satisfactoriamente.

Y cada una de las personas que me han dado el privilegio de formar parte de su vida, por mucho o poco tiempo, y que por descuido no están en la lista.

Muito Obrigado



Lo hizo de corazón y prosperó
- 2da Crónicas 31:21-



COMO DE LA FAMILIA...

Sábado por la mañana René despierta con una canción que conoce bien, es la melodía que está de moda por todos lados, aún medio dormido toma su *Smartphone* y logra hacer que pare de sonar. Se siente extrañamente emocionado, y es que en unas horas, va a recoger su nueva tableta electrónica después de semanas de espera.

Mientras tanto en la cocina; Adriana, esposa de René, con una mano está sirviendo las tazas de café, y con la otra desplazando la pantalla de su *iTouch* y acepta la invitación que Laura, su mejor amiga, le ha enviado a su perfil en una red social para desayunar el lunes por la mañana. René y sus hijos, Valeria y Santiago, están terminando de arreglarse. A la cocina entra Valeria terminando de escribir un mensaje de texto y saluda a su mamá con un beso, acto seguido René entra cargando a Santiago quien aún no termina de despertar del todo.

Todos suben al auto, René conecta su *iTouch* en la entrada auxiliar del estéreo del auto, y selecciona la canción con que declaró su amor a Adriana y ambos se sonríen. Valeria quien pudo percatarse de todo, los molesta un poco y se equivoca al introducir la contraseña en su laptop, pues quiere transferir las canciones del nuevo disco de su grupo preferido, *Los Azteks*, a su reproductor antes de llegar a *Porelsur*, su plaza comercial preferida. A su lado, Santiago juega emocionado la final de fútbol en su consola de juegos portátil.

Al llegar a la tienda de C&E, Computadoras y Electrónicos, René va directamente al mostrador, y un empleado de la tienda lo recibe. Adriana va el por kit de cartuchos de tinta para la impresora y se enteran que ya están discontinuados y no habrá más. Santiago se ha detenido en los audífonos y toma unos, porque los que tiene hay que moverlos un poco para que se escuchen bien, además los nuevos tienen control de volumen incluido. Y Valeria corre a donde está su papá porque encontró, en descuento y a meses sin intereses, el celular que vio en una revista de moda.

Al llegar a casa dejan todas las cosas en la mesa de la cocina:

- La nueva *iTablet* de René.
- La nueva impresora multifuncional, que costaba poco más que el kit de cartuchos para la impresora que ya tienen, pero que tiene escáner.
- Los empaques del nuevo celular de Valeria y de los audífonos de Santiago.

Y todos le preguntarán a Adriana que hacer con las cosas que ya no ocuparán, con la vieja tecnología, que hasta hoy, había adoptado la familia.



ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN	13
I.1	LA TECNOLOGÍA EN LAS SOCIEDADES DEL CONOCIMIENTO	13
I.2	EL FUTURO QUE NOS ALCANZÓ: LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS	15
I.3	OBJETIVO	18
I.4	ACERCA DE ESTE TRABAJO	18
II	LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS	20
II.1	EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS	20
II.1.1	<i>Producción y consumo.</i>	20
II.1.2	<i>Recolección.</i>	21
II.1.3	<i>Recuperación.</i>	21
II.1.4	<i>Disposición final.</i>	21
II.2	OBSTÁCULOS EN LA RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS	22
II.2.1	<i>Responsabilidad Extendida del Productor.</i>	22
II.2.2	<i>Interés Económico.</i>	23
II.3	LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN LATINOAMÉRICA	24
II.3.1	<i>México y Brasil</i>	26
II.4	LA RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN MÉXICO	27
II.5	JUSTIFICACIÓN	33
II.5.1	<i>Materiales dentro de los Residuos Electrónicos</i>	33
II.5.2	<i>Afectaciones Ambientales.</i>	35
III	CÓMO MODELAR EL SISTEMA	38



III.1	LOGÍSTICA	40
III.2	LOGÍSTICA INVERSA	42
III.2.1	<i>Los canales de recuperación</i>	45
III.2.2	<i>Creando una Ventaja Competitiva</i>	46
III.2.3	<i>Ventajas y desventajas de la logística inversa</i>	47
III.2.4	<i>Fuerzas Promotoras de la Logística Inversa.</i>	47
III.3	TEORÍA DE SISTEMAS SUAVES	49
III.3.1	<i>Situación Problema no Estructurada.</i>	51
III.3.2	<i>Situación Problema Estructurada.</i>	52
III.3.2.1	<i>La Figura Enriquecida</i>	53
III.3.3	<i>Nombramiento de los Sistemas Relevantes</i>	53
III.3.3.1	<i>Definiciones raíz</i>	53
III.3.3.2	<i>Modelo CATWOE</i>	54
III.3.4	<i>Construcción de Modelos Conceptuales.</i>	55
III.3.5	<i>Comparación del Modelo Conceptual contra la Realidad.</i>	55
III.3.6	<i>Evaluar el Modelo Conceptual.</i>	56
III.3.7	<i>Puesta en Marcha de los Cambios</i>	57
IV	DISEÑO DE LA PROPUESTA	58
IV.1	SITUACIÓN PROBLEMA ESTRUCTURADA.....	58
IV.1.1	<i>Entendiendo la Situación Problema.</i>	58
IV.1.2	<i>Figura enriquecida</i>	60
IV.2	NOMBRAMIENTO DE SISTEMAS RELEVANTES.....	61
IV.2.1	<i>Definiciones raíz</i>	61



IV.2.2	<i>Modelo CATWOE</i>	65
IV.3	MODELO CONCEPTUAL (PROCESO DE RECOLECCIÓN)	65
IV.3.1	<i>Identificar una ubicación para el stand.</i>	68
IV.3.2	<i>Contactar a las autoridades.</i>	68
IV.3.3	<i>Conocer a la población.</i>	68
IV.3.4	<i>Preparar artículos de Canje.</i>	69
IV.3.5	<i>Colocar el stand.</i>	69
IV.3.6	<i>Recepción de los RE</i>	69
IV.3.7	<i>Transporte al almacén primario.</i>	73
IV.3.8	<i>Separación y conteo por tipo de RE.</i>	74
IV.3.9	<i>Creación de Reporte y Base de Datos.</i>	74
IV.3.10	<i>Envío a tratamiento.</i>	75
V	COMPARAR MODELO CONTRA LA REALIDAD (CASO DE ESTUDIO)	77
V.1	ENCUESTA	77
V.2	INFORMACIÓN DE LOS STANDS	83
VI	EVALUACIÓN DEL MODELO (RESULTADOS)	85
VI.1	EVALUACIÓN ECONÓMICA.	92
VII	RECOMENDACIONES	97
VII.1	EDAD	97
VII.2	PROPUESTA DE VALOR	98
VII.3	DIFUSIÓN	98
VII.4	MARKETING Y ATENCIÓN AL CLIENTE.	99
VII.5	ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.	99



VII.6	UBICACIÓN	100
VII.7	OBSTÁCULOS DE CRECIMIENTO	100
VIII	CONCLUSIONES	102
IX	ANEXOS	105
IX.1	ANEXO A.....	105
IX.2	ANEXO B	107
X	BIBLIOGRAFÍA	108
X.1	REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	110



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vida útil promedio AEE en México (2007)	15
Tabla 2. Vida útil promedio AEE, primer y segundo uso (2009).....	16
Tabla 3. Toneladas de RE producidos anualmente por país, 2010.	16
Tabla 4. Comparativa estado actual México contra Brasil.....	27
Tabla 5. Estimación de cantidad de RE en México, 2006	29
Tabla 6. Valor en USD de los metales valiosos en los AEE, 2011.	34
Tabla 7. Emisiones totales de CO ₂ por extracción de metales valiosos, 2006	35
Tabla 8. Diferencias entre la logística directa y la logística inversa.	44
Tabla 9. Ventajas y Desventajas de la Logística Inversa	48
Tabla 10. Análisis FODA Sistema.....	59
Tabla 11. Análisis FODA Entorno (Continuación).	60
Tabla 12. Definición de estrategias 1	62
Tabla 13. Definición de estrategias 2.....	63
Tabla 14. Análisis CATWOE.....	65
Tabla 15. Información Reciclón 2011.....	66
Tabla 16. Beneficios de los niveles de la Tarjeta VAE	73
Tabla 17. Vida promedio de los teléfonos celulares calculadas.....	80
Tabla 18. Razones principales por las que las personas no se deshacen de los RE	81
Tabla 19. Disposición a entregar los RE a cambio de algo.....	83
Tabla 20. Información de los Stands	83
Tabla 21. Información general de los Stands.....	85



Tabla 22. Lista de productos VAE	89
Tabla 23. Costo Unitario de Productos VAE	93
Tabla 24. Inventario Final, Stand 1	93
Tabla 25. Inventario Final, Stand 2	94
Tabla 26. Costo de Ventas	94
Tabla 27. Estado de Resultados	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de producción inversa de RAEE, Suiza 2008.....	21
Figura 2. Elementos en un teléfono celular, Umicore 2008.	33
Figura 3. Ubicación de la Logística Inversa. (27).....	39
Figura 4. Actividades y Flujos Logísticos. (29)	41
Figura 5. Cadena de Valor. (31).....	42
Figura 6. Canales de Recuperación de la Logística Inversa. (35).....	45
Figura 7. Pirámide de Valor de Recuperación (36).....	46
Figura 8. Figura enriquecida del sistema	61
Figura 9. Modelo Conceptual propuesto. Programa VAE.	67
Figura 10. Logotipo de VAE. (Ver Nota 38).	70
Figura 11. Proceso VAE	71
Figura 12. Tarjeta VAE.....	71
Figura 13. Propuesta del Proceso de Recolección.....	76
Figura 14. Izq. Stand en Posgrado de Ingeniería. Der. Stand en Facultad de Ingeniería	84
Figura 15. Izq. Productos VAE, Der. RE apilados cerca del Stand	84

ABREVIATURAS

ADEME-	Agencia para el Medio Ambiente y el Tratamiento de Energía (Francia).
AEE-	Aparato Eléctrico y Electrónico.
CANIETI-	Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información.
CATWOE-	Clientes, Actores, Transformación, <i>Weltanschauung</i> , Propietario, Ambiente.
COFETEL-	Comisión Federal de Telecomunicaciones.
CRM-	Administración de la Relación con el Cliente.
EMPA-	Laboratorio Federal de Prueba de Materiales y de Investigación (Suecia).
LA-	Latinoamérica.
MSS-	Metodología de Sistemas Suaves.
MXP-	Peso Mexicano.
OCDE-	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
PNUMA-	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PT-	Producto Terminado.
RAEE-	Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico.
RE-	Residuo Electrónico.
REP-	Responsabilidad Extendida del Productor.
RSU-	Residuo Sólido y Urbano.
TIC-	Tecnología de la Información y Computación.
UNESCO-	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
UE-	Unión Europea.
USD-	Dólar Estadounidense.
VAE-	Viejos Aparatos Electrónicos.
WIP-	Trabajo en Proceso.

I INTRODUCCIÓN

I.1 *La tecnología en las sociedades del conocimiento*

No podríamos explicar ni los alcances, ni la rapidez de los avances de la humanidad sin hablar de la tecnología. La vertiginosidad de los cambios que ésta ha generado en los últimos años es algo palpable a cualquier nivel de la sociedad, y quizá, el que no siempre está al alcance de todos la ha vuelto aspiracional, lo que modifica el comportamiento de la sociedad, en general, al respecto.

Cada vez, las firmas que trabajan en este rubro nos sorprenden con aparatos y dispositivos más potentes que el modelo anterior, y con funciones que en algún momento solo estuvieron en la mente del más excéntrico visionario. Hay una generación que ha sido testigo de la evolución, que se emocionó con las primeras computadoras personales de tan solo 64 [Kb]¹ y que ahora en sus manos, tiene un poderoso *Smartphone*.

La tecnología se define como: Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico², de lo anterior podemos deducir que el conocimiento científico ha tenido un ritmo de avance igual de vertiginosos. La construcción de conocimiento produce nuevas formas de generar valor, que al ser aprovechadas, deberían mejorar la calidad de vida, aunque no siempre esto es así.

¹ Se hace referencia a la computadora *Comodore 64*, que fue una de las primeras en llegar al público en general.

² Real academia española. *Diccionario de la Lengua Española*. 22° Ed. Disponible en: <http://www.rae.es> (verificado: 26/04/12).



En esta línea, organismos internacionales como la UNESCO, promueven la creación de sociedades del conocimiento que son comunidades de valores caracterizadas por la inclusión, la equidad, la accesibilidad, la participación y el pluralismo.

Las sociedades del conocimiento, como en la que actualmente vivimos, busca mejorarse y construir el conocimiento basándose en cuatro pilares: el acceso libre a la información y al conocimiento, la libertad de expresión, el respeto de la diversidad cultural y lingüística y la educación de calidad para todos³. Es necesario reconocer la dependencia del uso de la tecnología para impulsar estos cambios.

La zona geográfica en que nos encontramos, Latinoamérica (LA), siempre ha tenido un marcado rezago en cuanto al uso de la tecnología y en respuesta a ello, los países han buscado desarrollar estrategias y medidas para promover el desarrollo de la sociedad, mediante las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), tratando de eliminar la brecha tecnológica entre países. Estos esfuerzos han alcanzado consensos internacionales como la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información⁴, realizada en Ginebra en 2003, y con sede en Túnez en 2005.

Para reducir la brecha tecnológica, los países han establecido programas que se traducen en la necesidad de distribuir una gran cantidad de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), principalmente computadoras. La promoción del uso de las TIC ha generado planes nacionales en países como: Chile (quien va a la cabeza en cuanto a resultados en Latinoamérica), Brasil, Argentina, México, Uruguay y Colombia. Como consecuencia de ello, los países más adelantados han enviado millones de computadoras en desuso, pero muy buen estado a estos países para apoyar sus iniciativas, evitando su disposición final con este reuso.

³ Silva, Uca. Cyranek, Günther. *Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Uruguay, 2010. P 7.

⁴ Disponible en <http://www.itu.int/wsis/index-es.html> (verificado: 26/04/12).

I.2 El futuro que nos alcanzó: Los Residuos Electrónicos

La producción mundial de equipos electrónicos está creciendo de manera exponencial desde las dos últimas décadas. Desde el lanzamiento de la primera computadora personal en 1981 hasta el año 2008 se produjeron un billón de computadoras. Notablemente, es de suponer que este número se duplique para el 2013⁵.

En Latinoamérica una gran cantidad de AEE están llegando al fin de su vida útil, tanto los producidos localmente como los que se han reutilizado en los programas sociales, convirtiéndose en residuos electrónicos (RE) según la definición de la OCDE⁶; que considera como residuo electrónico todo aparato que utiliza un suministro de energía eléctrica y que ha llegado al fin de su vida útil.

Es momento de ver hacia adelante, hacia un futuro que ya nos ha alcanzado, si consideramos que a los residuos electrónicos que ya existen, pronto se sumarán todos los resultantes del continuo aumento en la producción, y que, para agravar el problema, son diseñados con una vida promedio menor (ver Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Vida útil promedio AEE en México (2007)

Aparato eléctrico y electrónico	Vida útil promedio
Computadora	5 años
Televisor*	10 años
Reproducción de sonido	6 años
Teléfono inalámbrico	6 años
Teléfono celular	3 años

*Un televisor por casa.
Fuente: Román, Guillermo J. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México*. IPN-INE. DF, México, 2007.

⁵ Silva. *Los residuos electrónicos* (2010). P 7.

⁶ Organization for Economic Co-operation and Development (OECD): *Extended Producer Responsibility. A Guidance Manual for Governments*. Paris, 2001. <http://www.oecdbookshop.org> (verificado: 26/04/12).

Tabla 2. Vida útil promedio AEE, primer y segundo uso (2009)

Aparato eléctrico y electrónico	Vida útil promedio (años)
Desktop	8 años (6 primer uso, 2 segundo uso)
Laptop	6 años (4 primer uso, 2 segundo uso)
Monitor CRT	8 años (6 primer uso, 2 segundo uso)
Monitor LCD	8 años (6 primer uso, 2 segundo uso)
Impresoras	8 años (6 primer uso, 2 segundo uso)
Celulares	2 años

Fuente: Silva, Uca. Cyraneck, Günther. Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. 2010. Pág. 58.

Ya que las implicaciones de los RE para el medio ambiente son muy graves, su tratamiento de forma sustentable, representa tanto una obligación como una oportunidad, para todos los involucrados en el ciclo de vida de los aparatos; y más para un país como el nuestro, que ocupa el segundo lugar en producción anual de RE en LA, tan sólo detrás de Brasil.

Tabla 3. Toneladas de RE producidos anualmente por país, 2010.

País	Toneladas de RE
Brasil	368,000
México	200,000
Colombia	36,000
Perú	24,000

Fuente: PNUMA [2010] (estas cifras incluyen: computadoras, impresoras, celulares, televisores y refrigeradores).

Una de las preguntas que surgen de todo esto es: En nuestro país ¿a dónde van a parar todos esos aparatos que ya no son considerados útiles? y la respuesta es para nada alentadora. Al final de su vida útil, muchos aparatos eléctrico y/o electrónicos terminan junto a los residuos sólidos urbanos (RSU) intoxicando los terrenos alrededor de los vertederos dónde son depositados (esto como mal menor, ya que pueden terminar en tiraderos clandestinos), por la filtración de las sustancias químicas y metales pesados como: berilio, cromo, cadmio, arsénico, selenio, antimonio, mercurio y plomo que son altamente peligrosos y deben tener un tratamiento especial para no contaminar e intoxicar



el medio ambiente⁷. Otros terminan arrumbados en casas, oficinas o almacenes, contaminando silenciosamente el ambiente que los rodea, por ejemplo; de las computadoras personales que hay en México, se estima que 42% está en manos de las empresas, y el 58% restante en manos de particulares⁸. Y sólo de un 10 a un 20%⁹ de todo ese volumen se somete a un proceso de reciclado primario, es decir, separación y recuperación de materiales.

Ya hemos hablado de la importancia de la tecnología para la vida de las personas hoy en día, también que el rápido avance de este rubro provoca aparentes ciclos de vida útil más cortos y remplazos de productos más rápidos. Las empresas de tecnología diseñan los productos para desecharlos, lo cual les genera mayores beneficios económicos; en lugar de diseñar para durar y motivar un consumo más responsable.

Ahora bien, en este trabajo no se pretende señalar a las empresas productoras de tecnología como las únicas responsables de la situación actual; en nuestro país el gobierno ha dejado de lado este rubro, de manera que todos los esfuerzos por evitar la contaminación de los RE han sido principalmente por empresas privadas y particulares; y a su vez las empresas recicladoras se han enfocado en el sector del PET, por ser este un problema urgente y reportar mayores utilidades.

En un país donde el promedio aproximado per cápita de producción anual de RE es de 1.6 [kg]¹⁰ la cuestión clave en este problema es que hacen los dueños de los AEE. Si tomamos las cifras que presenta el informe del Dr. Román, para el uso de computadoras personales, el 42% está en las empresas, y un 58% es usado por los particulares, y tan solo, de un 10 a un 20% pasa por un tratamiento de reciclado. Si las empresas son quienes realmente se

⁷ Agency for Toxic Substances & Disease Registry. ATDSR. EU. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/es_index.html

⁸ Román, Guillermo J. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México*. INE-IPN. México, 2007.

⁹ Román. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México* (2007).

¹⁰ Román. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México* (2007).

ocupan de esto más que los particulares; probablemente por cuestiones de espacio, ya que las cantidades que desechan son mayores; y por razones contables, como la depreciación. ¿Qué hacen las personas con sus RE? ¿Porqué su participación en programas de recolección para reciclado es tan baja? ¿Qué se tiene que hacer para motivar a las personas a que participen y comenzar a aprovechar los beneficios innegables del reciclado de los RE?

I.3 Objetivo

Con esa intención, el objetivo que busca este trabajo es diseñar un proceso para incrementar la participación de las personas en los programas de recolección de Residuos Electrónicos, analizando la situación problema como un sistema suave, para identificar algunos factores que lo hagan atractivo para todos los actores; verificar su viabilidad en una población definida, lanzando una prueba piloto, y emitir recomendaciones para el establecimiento de programas similares.

I.4 Acerca de este trabajo

El capítulo sobre la problemática de los Residuos Electrónicos busca formar un marco de referencia, expone la información recabada en distintas fuentes especializadas sobre la realidad de los RE, los obstáculos que hay que superar para su reciclado, así como la perspectiva que se tiene de ellos en los países de mayor producción a nivel LA, como lo son México y Brasil; y los retos a los que se enfrenta la incipiente industria de recolección y reciclado que esta en funcionamiento en nuestro país. El capítulo concluye con la justificación económica y ambiental que ratifican la importancia de esta investigación.

Las herramientas metodológicas usadas para sustentar y desarrollar este trabajo, son presentadas en el marco teórico. El estudio de las particularidades de la logística inversa, ubica nuestro estudio y nos prepara para saber bajo que condiciones posiblemente retornarán los RE por el canal que estamos proponiendo. La Metodología de los Sistemas Suaves nos ofrece una herramienta ideal en la búsqueda de una posible solución a nuestra



situación problema, al tomar en cuenta la parte suave del sistema, a las personas, que son los dueños de los RE y son el principal actor en nuestro sistema.

El diseño del proceso comienza con la identificación de las perspectivas que tienen los diferentes actores sobre la situación. Conocer cuales son sus opiniones, nos permite plantear una estrategia para lograr motivar la participación en los programas de recolección. Mediante un análisis FODA se contrastaron las opiniones y se obtuvieron estrategias en las que nos apoyamos para diseñar el modelo conceptual, que intenta hacer frente a la situación problema.

Para darle continuidad a los pasos que establece la metodología de sistemas suaves, se decidió lanzar un caso de estudio en el Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, que era la población que teníamos a nuestro alcance y así evaluar la viabilidad del modelo conceptual obtenido en la fase de diseño. Cabe destacar que el caso de estudio se amplió a la población de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, lo que permitió hacer un análisis más amplio de los resultados.

El capítulo que presenta los resultados muestra un resumen del desempeño de los dos stands de recolección que se colocaron; cantidad recolectada, número de participantes y la utilidad financiera serán nuestros indicadores. Además hace una recopilación de los comentarios que se recabaron de las personas que participaron en la jornada de recolección. El objetivo de este apartado es contrastar el modelo conceptual contra la situación actual, para evaluar la viabilidad.

Al final se encuentran las recomendaciones para el establecimiento de programas similares, algunos factores y obstáculos que deben ser tomados en cuenta en la organización y operación de la recolección. Las conclusiones obtenidas finalizan este trabajo, planteando trabajos a futuro que deben ser resueltos en pro del ambiente y bienestar de las personas.

II LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS

II.1 *El Tratamiento de los Residuos Electrónicos*

De inicio es necesario conocer el camino que recorren los RE, desde el consumidor hasta la disposición final. De esta forma se identifican los pasos necesarios que guían el camino que un aparato debe tomar para tener un conveniente tratamiento sustentable.

En la Figura 1, se muestra el modelo construido por el Laboratorio Federal de Prueba de Materiales y de Investigación (EMPA) en Suiza de la ruta verde¹¹. En este diagrama se pueden diferenciar claramente cuatro etapas: Consumo, recolección, recuperación y disposición final.

II.1.1 *Producción y consumo.*

Para asegurar un tratamiento medioambientalmente responsable, en esta primera etapa cabe mencionar las siguientes variables claves:

- Diseño más amable con el medio ambiente, que considera la minimización de elementos tóxicos y peligrosos en la composición de los aparatos.

¹¹ <http://www.ewasteguide.info>

- Consumo responsable, a través de la adquisición de aparatos que respeten ciertos estándares medioambientales, extender el ciclo de vida de los equipos, y promover el reuso.
- Asegurar la información del consumidor, tanto sobre los componentes de los equipos como sobre las posibilidades que estos componentes tienen de entrar en una ruta adecuada hacia la eliminación al final de su vida útil.
- El corte entre el consumo y el resto del proceso es determinante, ya que se define por la obsolescencia del equipo y distingue claramente cuando éste entra en el sistema de tratamiento como residuo.

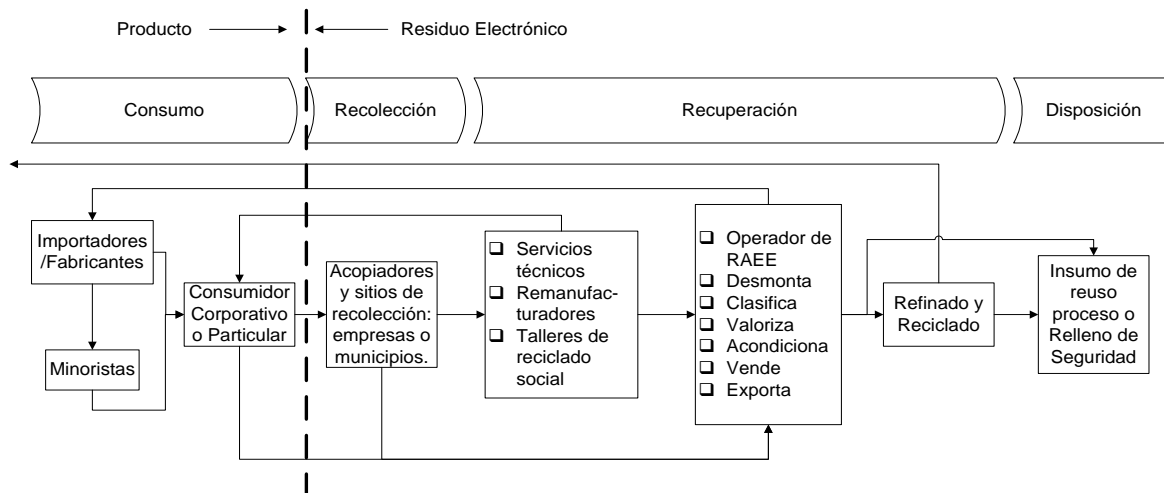


Figura 1. Diagrama de producción inversa de RAEE, Suiza 2008.

II.1.2 Recolección.

Los sectores público y privado deberían asegurar a los consumidores y la ciudadanía en general un sistema de recolección para los dos principales grupos de consumidores: corporativos y particulares. Esto implica la creación de lugares de acopio y sistemas de recolección apropiados, de fácil acceso y costos convenientes.

II.1.3 Recuperación.

Se considera el reuso y al sistema de reciclaje que desensambla los equipos en desuso, los clasifica, valoriza, vende y exporta. También incluye el proceso de refinación.

II.1.4 Disposición final.

En estos casos se refiere principalmente a los procesos de envío a relleno de seguridad.

Las etapas de recolección, recuperación y disposición final, reciclaje y refinación, dependen de un sistema de financiamiento que cubra los costos correspondientes a las diversas acciones que cada una conlleva. En la recuperación de los metales de valor se encuentran las oportunidades de recuperación económica y por lo tanto de construir un sistema sustentable. Pero no todas las piezas y partes de los equipos tienen el mismo valor; algunas no tienen valor alguno de comercialización. En el caso de los elementos tóxicos, hay que pagar a las empresas especializadas en el tratamiento de dichos residuos peligrosos. Estas compañías aseguran su correcta incineración y/o disposición en espacios legalmente determinados, distintos a los de los RSU.

II.2 *Obstáculos en la recolección de los Residuos*

Electrónicos

A través de las distintas etapas del modelo de ciclo de vida de los AEE encontramos que la etapa del diseño es una de las dimensiones en las cuales se puede intervenir con el objetivo de minimizar los componentes tóxicos de los aparatos. Esto tiene un gran impacto para reducir la generación de residuos y facilitar el tratamiento en su obsolescencia. La mayoría de las empresas que venden AEE en países europeos, han tenido que adoptar esta valiosa medida, que restringe los componentes tóxicos en el diseño de los aparatos y por lo tanto minimiza los volúmenes de estos elementos a tratar en la etapa final.

Siguiendo las etapas encontramos dos; la recolección y el reciclaje, en las que se pueden identificar los obstáculos, tanto legales, económicos y culturales que hay que superar para la construcción de un sistema de tratamiento de RE para un país como México.

II.2.1 *Responsabilidad Extendida del Productor.*

El proceso de producción es determinante al momento de adoptar el principio de responsabilidad extendida del productor (REP) para la recolección de los RE. Que consiste en que el fabricante de los AEE, es responsable de cuidar por el tratamiento integral de la



parte proporcional de RE, que corresponda a su participación de ventas en el mercado; entre más vende, mayor volumen debe enviar a tratamiento. En este modelo la figura del productor tendría que ser clara y precisa, ya que ésta es la que se responsabiliza del proceso, sin embargo, en Latinoamérica hay diversas circunstancias para que esto no sea así y la figura del productor es más bien borrosa e imprecisa.

En nuestro país, el gran total de productos electrónicos, específicamente las computadoras, está compuesto en un volumen significativo de equipos importados ilegalmente¹² o equipos armados. Por consiguiente, el “productor” no se hace responsable del destino final de su vida útil. Si bien en los últimos cuatro años se ha notado una tendencia hacia la adquisición de equipos de marcas reconocidas, el número acumulado de equipos armados sigue siendo mayor.

Al querer iniciar un sistema de recolección basado en la figura del productor, una de los temas a resolver es quién se hace cargo financieramente del costo del tratamiento final de los residuos de las computadoras ilegales o armadas.

II.2.2 *Interés Económico.*

El proceso de reciclaje es parcial en Latinoamérica. La incipiente industria de RE se basa principalmente en un proceso de desensamblaje profesional, en la venta de ciertos metales y plásticos en el mercado local y en las posibilidades de comercialización internacional con empresas especializadas en la recuperación de metales preciosos, cuyas sedes se encuentran principalmente en países industrializados o en Asia. Para que esta actividad sea rentable después de cubrir los costos del traslado internacional hacia las refinerías, es necesario que los recicladores acumulen volúmenes significativos de materiales reutilizables o comercializables. La capacidad de lograr volúmenes importantes es lo que define la rentabilidad de los RE. Uno de los posibles riesgos de este emergente negocio es que el interés económico sea mayor que las responsabilidades medioambientales.

¹² Román. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México* (2010). P 66.



Dada la ambigüedad legal frente al tema y la poca claridad sobre los requerimientos para reciclar los RE, en algunas ocasiones los negocios dedicados a ese rubro pueden funcionar sin cumplir cabalmente con lo que un buen tratamiento medioambiental exige. Los recicladores formales que logran realmente cumplir las exigencias, constituyen un número limitado. La mayoría de ellos realizan contrato con grandes empresas que pueden y desean cumplir los requerimientos medioambientales, fortaleciendo un modelo de negocio entre empresas.

Esta situación deja abandonados los residuos que se están generando en el sector domiciliario, el cual actualmente produce mayores volúmenes que las empresas. El sector de recolectores informales es el que se está haciendo cargo de recoger estos. En últimas fechas ha aumentado el número de recolectores independientes que se especializan en las posibilidades comerciales de los RE. El problema es que, generalmente, ellos se hacen cargo de las partes que tienen mayor valor, botando en los vertederos para RSU las partes que pueden contener elementos tóxicos.

II.3 Los Residuos Electrónicos en Latinoamérica

Actualmente, no hay país en Latinoamérica que tenga un sistema de tratamiento de residuos electrónicos de forma integral¹³. En la mayoría de los casos, los que se han hecho cargo de los RE son los proyectos de reacondicionamiento que promueven su reuso. También, los sectores informales que han extendido su recolección de residuos sólidos a RE, principalmente de los desechos domiciliarios. Está emergiendo una industria de reciclaje que, al no existir procesos tecnológicos refinados que permitan la recuperación de metales de alto valor como: Oro, plata y cobre, realizan un fino proceso de desmontaje. Todos estos sistemas, al no tener una regulación apropiada ni específica, se rigen y son generalmente normados por la ley de residuos peligrosos. Esto es altamente inconveniente, ya que si bien es cierto que los elementos tóxicos necesitan un tratamiento

¹³ Silva. *Los residuos electrónicos* (2010). P 31.



especial, sus pequeños volúmenes tienen que ser reconocidos como tales. La aplicación de las normas de residuos peligrosos dificulta y encarece su tratamiento final, poniendo en riesgo las posibilidades de crear adecuados sistemas para ellos.

Existen particularidades en Latinoamérica que retrasan la creación de un sistema de tratamiento de los AEE y el proceso de reciclaje como son: la indefinición sobre las posibilidades de rentabilidad, la imprecisión sobre las responsabilidades de los actores involucrados, la ausencia de criterios definidos de control sobre el correcto destino de los elementos tóxicos y la dependencia de la rentabilidad en la recuperación de los metales de mayor valor en los mercados internacionales.

En nuestro país es indispensable desarrollar un sistema de tratamiento específico para este tipo de aparatos, acompañado por un marco legal que resguarde procesos sustentables, responsables y ambientalmente seguros, sin embargo, para lograr todo ello, es necesario delimitar normas y reglamentos necesarios de las condiciones de disposición, de recolección, de almacenamiento, de recuperación, de disposición final y de fiscalización.

En Latinoamérica, desde hace aproximadamente cinco años, se están llevando a cabo las gestiones para lograr obtener un buen sistema de tratamiento de RE. Como ejemplo de ello, Costa Rica, a través de la creación de un comité técnico nacional, ha sido uno de los países pioneros en desarrollar una propuesta de reglamento para el tratamiento de este tipo de residuos que se incorpora en un Proyecto de Ley de Tratamiento Integral de Residuos, presentado por un Comité Mixto-Grupo Redactor¹⁴. Sin embargo, hasta el momento esta propuesta se encuentra en calidad de pendiente.

También es el caso de Colombia, Argentina, Chile y Perú, que han propiciado iniciativas, que van más allá del ámbito normativo y que estudian los contextos técnicos, económicos, políticos y sociales que se relacionan a la implementación de un sistema de tratamiento de los RE. En todos ellos se han realizado diagnósticos que dan cuenta sobre la acumulación y

¹⁴ Silva. *Los residuos electrónicos* (2010). P 33.



proyección de volúmenes de RE, específicamente de las computadoras. También presentan las características que tienen la industria y producción de PC en estos países, así como los elementos técnicos y de infraestructura particulares de la región, justo como el diagnóstico hecho por el Dr. Román¹⁵ para México (2007).

Son estos estudios y trabajos los que han permitido analizar la situación y las características locales, las cuales se requieren tomar en cuenta al momento de desarrollar un modelo de tratamiento de RE.

II.3.1 *México y Brasil*

Se decidió comparar la situación del tratamiento entre México y Brasil, dado que son los mayores productores de RE en la región de LA, ver Tabla 3

1. México

La información sobre la situación de los RE es escasa y los autores no están involucrados en su análisis. Existen reportes del 2004 y 2007 que no arrojan muchas nuevas posibles áreas de investigación.

2. Brasil

La información sobre la situación de los RE en Brasil es escasa y no existen estudios de evaluación integral. Estaba previsto realizar un estudio de evaluación más detallada en Brasil a principios de 2009, del que no se tiene conocimiento.

¹⁵ Román. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México* (2007).



Tabla 4. Comparativa estado actual México contra Brasil.

Criterio	México	Brasil
Marco Jurídico	La gran mayoría de los municipios no cuenta con la infraestructura para el tratamiento. Hay descontrol sobre el tipo de residuos que llegan a los vertederos.	No hay una ley a nivel federal para el tratamiento.
Tecnología aplicable	Hay reciclaje de RE en el norte del país y zonas industriales, la mayoría es solo desensamble.	Hay reciclaje de RE en todo el país especializado en materiales con alto valor agregado.
Finanzas	Muchos de los AEE se mantienen en los hogares o en las tiendas al final de su ciclo de vida, porque existe la tendencia a acumularlos, lo que crea dificultades en la fase de diseño de un programa de recolección.	El reciclaje no es de alta prioridad, por lo que no se promueve. Iniciar un proyecto es complejo, por los altos impuestos.

Fuente: Schluepa, Mathias. Recycling- From e-waste to resources. (Alemania: UNEP, 2009), 64-65.

II.4 La Recolección de los Residuos Electrónicos en México

En nuestro país existen leyes en materia de reciclaje de equipo de cómputo y electrónicos. El 6 de junio del 2004, se contempló por primera vez el tema de los RE en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Esta ley establece los esquemas que se pueden implementar en nuestro país, los cuales pretenden minimizar la generación y maximizar la valorización de los desechos incluidos los electrónicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, y con base en los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno¹⁶

¹⁶ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, artículo 5°, fracción XXI. México.



Para el 2006, salió un Reglamento para dicha Ley, que especifica y clasifica los RE, y desde entonces, han surgido 18 reglas más en la materia, sin embargo, aún no se ha logrado que sus beneficios sean tangibles a la sociedad, pues aún no existe la normatividad (aplicación de normas sociales) que ayuden a hacer del tema un negocio redituable y seguro; además de dos grandes problemas que se tienen identificados como retardadores del avance¹⁷.

1. La penetración tecnológica en México aún es baja, hay menos de 8 millones de hogares con computadoras, por ejemplo. De manera que al país le resultan más imperantes los temas de tratamiento de PET (se generan anualmente 320,000 toneladas), papel, aguas negras y otros contaminantes;
2. No se ha logrado cuantificar con exactitud cuántos desechos electrónicos genera un mexicano promedio. Esto se debe, en buena medida; a que no hay cultura de desecharlos y al número de AEE que se mueven por el mercado informal, o ilegal.

En el caso particular de México, uno de los grandes problemas para calcular con exactitud la cantidad exacta de RE que se producen en el país, es el mercado informal e ilegal de estos productos, de manera que sólo pueden hacerse estimaciones para conocer las cifras. La cifra real está afectada también por el almacenamiento que se da en las casas y oficinas, que alarga el periodo de tiempo antes de darle disposición final, ya sea por desconocimiento de que hacer con los aparatos o a dónde llevarlos; buscar recibir una retribución, porque las personas saben que sus aparatos funcionan, lo que no entienden es que ya no sirven, que son dos cosas diferentes; o simplemente al apego emocional, que termina por atribuir cierto valor al aparato.¹⁸

Por ejemplo, la cifra estimada de RE potenciales en el año 2006, tan solo para computadoras, teléfonos, televisiones y celulares, corresponde a 256,186 toneladas (ver Tabla 5). Aun cuando se trata de una aproximación, se asemeja a los valores de generación

¹⁷ Acosta, Nelly. *México no está listo para reciclaje de electrónicos*. El Economista. 25/02/10, [30/11/10]. Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/tecnociencia/2010/02/25/mexico-no-listo-reciclaje-electronicos>.

¹⁸ Aguilar, Armando. *¿A dónde van los Residuos Electrónicos?* Revista Equilibrio. Mayo 2011, número 33. P 12-16.

de economías similares, como España y Canadá que en 2005 generaron 200,000 y 67,000 toneladas, respectivamente (cabe aclarar que la población de Canadá corresponde a la cuarta parte de la población en México, sin embargo, tiene un PIB mayor).

Tabla 5. Estimación de cantidad de RE en México, 2006

Aparato eléctrico y electrónico	Cantidad [miles]	% obsoletos	Cantidad por desechar [miles]	Peso unitario [Kg]	Total a desechar [Ton]
Computadora (2001)	4750	50	2,375	20.0	47,500
Televisión (1996)	15,000	50	7,500	22.2	166,826
Teléfono Celular (2003)	30,100	50	15,050	0.1*	1,050
Reproductores de sonido (2000)	13,300	50	6,650	5.0	33,250
Teléfono inalámbrico (2000)	21,600	50	10,800	0.7**	7,560
Total	84,750		42,375		256,186

*Peso unitario estimado con base en promedio de 10 teléfonos celulares.
**Peso unitario estimado con base en promedio de 12 teléfonos.
Fuente: Román, Guillermo J. Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México. México, 2007.

En el marco legal, se sabe que las políticas públicas pueden estimular y fortalecer una mayor responsabilidad de los productores que incluya el tratamiento de los residuos. La Unión Europea promulgó la Directiva Europea 2002/196/EC sobre RAEE, la cual define la responsabilidad extendida del productor en relación al diseño ecológico de los productos, la recolección de los equipos en desuso, tratamiento sistemático de componentes peligrosos, así como al reacondicionamiento y reciclaje de los componentes utilizables. La misma Directiva Europea sirve como referencia en la formulación de varios proyectos de ley en la región LA. Además de actores políticos y empresarios, la problemática de los residuos electrónicos debe ser transmitida al público en general. La educación medioambiental escolar puede concientizar a los alumnos para que ellos y sus familias asuman la responsabilidad de los residuos electrónicos que producen.

México ha tratado de sumarse a estos esfuerzos con iniciativas como el programa propuesto por la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y



Tecnologías de la Información (CANIETI)¹⁹. Éste contempla toda la logística: desde cómo recopilar los equipos obsoletos, cómo trasladarlos a plantas, qué y cómo reciclar y después, cómo aprovechar los productos que salgan de éstos. Dicho programa ya pasó a manos de la Semarnat, para su evaluación y su posible tratamiento en las Cámaras de Diputados y Senadores, pero aún no ha sido aprobado. Se pretende fijar un presupuesto que permita implementar el proyecto. La cifra que se maneja es de 7 millones de pesos, sin embargo es necesario crear más empresas que sepan reciclar los equipos.

Este es un sector que se presta a la informalidad, porque no hay ninguna legislación que regule su operación. Es por ello que es complicado cuantificar con exactitud las empresas que se dedican al tratamiento de los RE, y sobre todo controlar sus actividades; muchas de ellas ofrecen un tratamiento integral, sin mayor garantía que su palabra; y no permiten el acceso a sus instalaciones. Las más grandes que si tienen la infraestructura para hacer el tratamiento mandan ciertos componentes al extranjero. De esta investigación resultó que, casi ninguna de las empresas establecidas en México puede hacer el tratamiento completo y que la gran mayoría no tiene un proceso amigable con el ambiente.

El diagnóstico sobre RE del 2007²⁰ muestra el número de empresas por regiones y especialidad sobre empresas manufactureras en el país, sin embargo, no es posible hallar un índice de empresas que se dediquen al tratamiento de RE actualizado a nivel nacional. Es por ello que se decidió hacer un índice con aquellas empresas formalmente establecidas en México que hacen el tratamiento de los RE, el cual se presenta en el Anexo IX.2, la mayoría no aportó mayor información para este estudio.

La operación de estas empresas se caracteriza por programas masivos de recolección, donde participan en conjunto con los gobiernos municipales o estatales, empresas y

¹⁹ <http://www.canieti.org/>

²⁰ Román. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México* (2007).



escuelas. Se ubican en espacios públicos como plazas, jardines y parques y plazas comerciales, donde se reciben los RE sin costo para la sociedad en general.

Al no tener un ingreso por la recolección y tratamiento de los RE, se enfrentan a la difícil situación de amortizar los costos que tiene el reciclaje mismo, pues el proceso de reciclaje implica personal, uso de tecnología y maquinaria especializada (que varía para cada aparato que se recibe); y los gastos en que se incurren desde su promoción, recolección, transporte, almacenaje, etc. Lo que orilla a las empresas a no realizar el tratamiento adecuadamente, recuperando solo lo que tiene valor y mandando al tiradero los materiales sin valor y peligrosos. O bien, ir más allá y generar valor con el reuso no convencional de los aparatos y materiales, lo cual también implica gastos en investigación y desarrollo; tal es el caso de empresas que hacen joyería de fantasía como pulseras, aretes y collares con los alambres y componentes de los AEE.

El baluarte en este tema es la empresa REMSA²¹, que se dedica al reciclaje de los aparatos eléctricos y/o electrónicos, única en el país por su tamaño y alcances; ha profesionalizado esta actividad relegada al sector informal, dónde se exponen a miles de recicladores a graves riesgos de salud por falta de conocimiento de los peligros causados por el mal tratamiento, como la práctica de la incineración a cielo abierto. Se ubica en la ciudad de Santiago de Querétaro, es una empresa dedicada a promover el correcto reciclaje de aparatos electrónicos, proporcionando información de la creciente problemática de la basura electrónica y cómo afecta a la sociedad y su entorno.

En la actualidad, no se ha avanzado lo suficiente para establecer una economía de flujo circular de estos materiales y recuperarlos, motivo por el cual, una gran cantidad de ellos se ha perdido para siempre. Hemos podido identificar tres causas principales:

1. Esfuerzos insuficientes de recolección;
2. Tecnologías para reciclado inadecuadas o ineficientes;

²¹ Remsa. Página Web. Disponible en: <http://www.reciclaelectronicos.com> (verificado: 30/11/10).

3. Exportaciones ilegales de RE a países con normas menos rígidas, que por lo general, son países en desarrollo y no cuentan con la infraestructura necesaria.

Podemos identificar la similitud de estas conclusiones, con los objetivos principales que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha establecido para el reciclaje de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos:

1. Tratar las fracciones peligrosas de manera ambientalmente segura;
2. Maximizar la recuperación del material valioso;
3. Crear modelos de negocios eco-eficientes y sostenibles;
4. Tener en cuenta el impacto social y el contexto local;

Lo que brinda validez al objetivo de este estudio, ya que para cumplir con todos esos objetivos, primeramente es necesario mejorar los sistemas de recolección, para que sean atractivos para todos los actores, propiciando de esta forma la participación y el inicio de una cadena sustentable.

Un esfuerzo similar es la publicación de la guía para empresarios sobre el reciclaje de computadoras dirigida a pequeñas y medianas empresas en mercados emergentes como Latinoamérica: *The Entrepreneur's Guide to Computer Recycling - Basics for starting up a computer recycling business in emerging markets*²², publicada por el Sector de Comunicación e Información de la Sede de la UNESCO en París conjuntamente con la Agencia para el Medio Ambiente y el Tratamiento de Energía (ADEME) de Francia en el 2008.

De todo lo anterior podemos deducir que de continuarse con esta tendencia en México, el problema quedará pronto fuera de control en detrimento del ambiente y la calidad de vida de las personas. Por un lado, al no recuperar materiales, se están extrayendo de la tierra terminando con las reservas naturales, lo cual es más costoso económica y ambientalmente

²² http://portal.unesco.org/ci/en/ev.php-URL_ID=28002&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html (verificado: 30/11/10)

hablando, ver Tablas 6 y 7; por otro lado, las sustancias y materiales tóxicos que contienen los RE contaminan el entorno donde las personas viven.

II.5 Justificación

II.5.1 Materiales dentro de los Residuos Electrónicos

La importancia de recuperar los materiales existentes dentro de los RE, reside en que los AEE modernos pueden contener hasta 60 elementos de la tabla periódica, algunos de ellos son valiosos y/o peligrosos, por ejemplo: las placas de los circuitos impresos tienen la combinación más compleja de sustancias. Por los volúmenes de venta que manejan, son una categoría importante al hablar de la repartición de la demanda mundial de metales, pues utilizan una gran cantidad de materiales preciosos y especiales.

Analizando el caso de un teléfono móvil, encontramos que puede contener más de 40 elementos de la tabla periódica: Metales base como el Cobre (Cu) y Estaño (Sn); metales especiales, tales como Cobalto (Co), Indio (In) y Antimonio (Sb); y preciosos, Plata (Ag), Oro (Au) y Paladio (Pd), ver Figura 2.

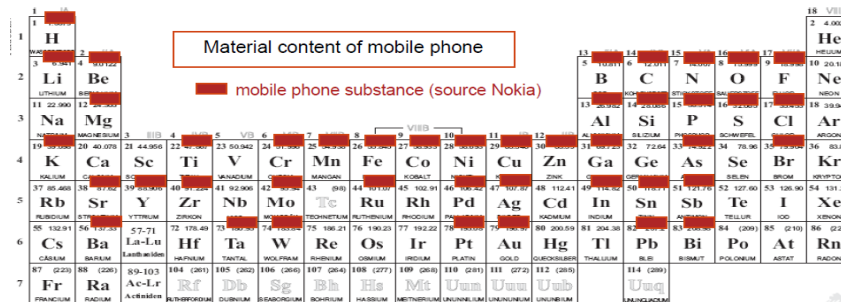


Figura 2. Elementos en un teléfono celular, Umicore²³ 2008.

PNUMA publicó en 2009 el estudio: *Recycling – from E-waste to Resources*²⁴. Estudio que señala el valor monetario que se pierde por falta de un reciclaje efectivo de residuos

²³ Disponible en: <http://www.umicore.com/en> (verificado: 27/03/11).

²⁴ Schluep, Mathias. et al. *Recycling – from E-waste to Resources*. UNEP. Alemania. (Julio, 2009) Disponible en: <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=612&ArticleID=6471> (verificado: 30/11/10)

electrónicos. Según el informe del PNUMA, 15% de la producción mundial de cobalto, 13% de la producción de paladio, así como 3% de la extracción de oro y plata son procesados cada año en computadoras y celulares. En el año 2008 los componentes de oro, plata, cobre, paladio y cobalto procesados en las computadoras vendidas hasta ese año, tenían un valor de 3.7 billones de dólares.

Tabla 6. Valor en USD de los metales valiosos en los AEE, 2011.

Metal	Producción primaria [ton]	Demanda para AEE [ton]	% Prod. primaria	Precio [USD/Kg]	Valor en AEE [MDD]	Aplicación
Plata	20,000	6,000	30%	\$1,180	\$7,081.523	Contactos, Switches, Soldadura
Oro	2,500	300	12%	\$45,595	\$13,678.471	Circuitos Integrados
Paladio	230	33	14%	\$23,759	\$784.060	Conectores, Capacitores
Platino	210	13	6%	\$555,597	\$7,222.762	Disco duro, Pantallas de plasma
Cobre	15,000,000	4,500,000	30%	\$9.57	\$43,058.104	Cables, Alambres, Conectores
Estaño	275,000	90,000	33%	\$31.97	\$2,877.619	Soldadura
Antimonio	130,000	65,000	50%	\$15.88	\$1,031.974	Retardadores de flama, Cristal CRT
Cobalto	58,000	11,000	19%	\$43.00	\$472.988	Baterías recargables
Selenio	1,400	240	17%	\$165.38	\$39.691	Celdas solares
Indio	480	380	79%	\$624.04	\$237.133	Cristal LCD, Soldadura, Semiconductor

Adaptado de: Schluempa, Mathias. *Recycling- From e-waste to resources*. UNEP. Alemania. (2009).

Fuente precios: Servicio Geológico Mexicano, Secretaría de Economía. <http://portaljsgm.gob.mx/SINEM> (Verificado 27/03/11).

Los metales representan en promedio el 23% del peso de un teléfono, la mayoría es Cobre, mientras que el resto es material plástico y cerámica. El contenido de estos metales es del orden de miligramos²⁵: 250 [mg] de Ag, 24 [mg] de Au, 9 [mg] de Pd, mientras que 9 [g] son Cu. Además, la batería de ion-litio de un teléfono contiene aproximadamente

²⁵ Cifras promedio. Fuente: Schluempa, Mathias. *Recycling- From e-waste to resources*. UNEP. Alemania. (Julio, 2009).

3.5 [g] de Co. A primera vista esto parece ser muy poco, pero teniendo en cuenta que, por ejemplo para 2007 fueron vendidos 1.2 millones de teléfonos móviles a nivel mundial, la visión de la demanda toma proporciones significativas. Una tonelada de teléfonos (sin batería), se traduce en 3.5 [kg] Ag, 340 [g] de Au, 140 [g] de Pa, así como 130 [kg] de Cu.

Si comparamos las computadoras, encontramos metales en las mismas órdenes de magnitud que en los celulares. Aunque hay que agregar el acero que se ocupa en las carcasas, aproximadamente 6 [kg] por PC, lo que significa 930,000 toneladas que se utilizaron para la fabricación de los PC vendidas en 2007.

II.5.2 Afectaciones Ambientales

Además del impacto directo del reciclaje en la cantidad de recursos y materiales que pueden ser de nuevo introducidos al mercado, en nuevos productos, también hay que considerar su contribución al reducir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que para recolectar estos minerales, las mineras llevan a cabo procesos de explotación, fundición y refinación, emitiendo grandes cantidades de dióxido de carbono al ambiente, mientras que para recuperar los metales contenidos en los RE sólo necesita una fracción de la energía en comparación con extraerlos de la tierra. En la siguiente tabla podemos ver la cantidad total de CO₂, por la actividad de extracción de diversos metales preciosos usados en los AEE.

Tabla 7. Emisiones totales de CO₂ por extracción de metales valiosos, 2006

Metal	Toneladas usadas en AEE (2006)	Tonelada de CO ₂ por Tonelada de Metal	Emisión total de CO ₂ [ton]
Cobalto	11,000	7.6	83,600
Cobre	4,500,000	3.4	15,300,000
Oro	300	16991	5,097,300
Indio	380	142	53,960
Paladio	32	9380	300,160
Platino	13	13954	181,402
Rutenio	6	13954	83,724
Plata	6,000	144	864,000
Estaño	90,000	16.1	1,449,000

Fuente: PNUMA [2010] (estas cifras incluyen: computadoras, impresoras, celulares, televisores y refrigeradores).



Un producto es tóxico cuando sus componentes, aislados o en conjunto, ingresan y son asimilados por un organismo o ecosistema. A continuación se hace una recapitulación de los materiales más tóxicos y su efecto sobre los organismos.

El Plomo, ampliamente utilizado en los aparatos electrónicos es altamente tóxico para humanos, animales y plantas. Se almacena en el cuerpo si se está expuesto constantemente a él y puede tener efectos irreversibles en el sistema nervioso, sobre todo de los niños.

El Cadmio, empleado básicamente en *switches*, *toners*, tintas de impresora, monitores CRT, baterías recargables, viejos cables de PVC y viejos tubos de rayos catódicos, con el paso del tiempo, se pueden acumular en el cuerpo humano; una exposición a largo plazo daña los riñones y la estructura ósea. El cadmio es altamente cancerígeno, sobre todo si se inhalan gases y polvos contaminados.

Los Policlorobifenilos (PCB), son químicos prohibidos que se siguen empleando en aplicaciones eléctricas y electrónicas. Sus efectos tóxicos incluyen la supresión del sistema inmunológico, daño renal, cáncer, daño al sistema nervioso, cambios de comportamiento y daños a los sistemas reproductivos masculino y femenino.

Las baterías y los interruptores contienen Mercurio y Litio, que afecta órganos y fetos. En México, la Asociación Mexicana de Pilas (Amexpilas), estima que en nuestro país se consumen alrededor de 600 millones de cargas de energía cada año, de las cuales 200 millones ingresan de forma ilegal, por lo tanto no se rigen bajo ninguna norma, como las de marca, lo que las hace doblemente peligrosas. Con el tiempo y por la descomposición de sus elementos se oxidan y derraman diferentes tóxicos en suelo, agua y aire. Existen estudios que señalan que un 35% de la contaminación por mercurio es ocasionada por las baterías que se incineran con la basura doméstica. Para tener una dimensión del problema basta decir que una sola pila de reloj o de botón puede contaminar hasta 6.5 millones de litros de agua²⁶.

²⁶ Ortega, Patricia. Mata, Ruth. *Las pilas no son como las pintan*. Excelsior. Sección Dinero. México. (3-Junio 2006).



Es importante mencionar que si todos estos componentes, no se confinan correctamente, contaminan los mantos subterráneos de aguas con los escurrimientos y en el caso de incinerarlos, los vapores que despiden son altamente tóxicos.

La Semarnat reconoce que sólo existe un confinamiento de residuos peligrosos autorizado. Este confinamiento tiene 10 años operando en San Bernabé, Nuevo León y está a cargo de la empresa Multiquim, S.A. de C.V. En los diez años de operaciones de este confinamiento la población ha presentado un incremento en malformaciones congénitas, diversos tipos de cáncer, esterilidad y abortos²⁷. Además los confinamientos ilegales han propiciado la contaminación del agua subterránea y de la superficie que escurren hasta el Río Bravo y el Golfo de México, los cuales abastecen a grandes poblaciones, extinción de flora y fauna de la zona, y emisión de dioxinas. Sin embargo, según información de *Green Peace*, En México existen 156 empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos.

²⁷ Román. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México* (2007).

III CÓMO MODELAR EL SISTEMA

Para poder entender los datos que hemos presentado anteriormente, es necesario detenerse un momento a contextualizar y aceptar la realidad de nuestro país. Sería desatinado hacer una comparación con los desarrollados países europeos, tratar de igualar sus sistemas de recolección, así como sus legislaciones y procesos, si bien nos dan una pauta del rumbo que debemos seguir, simplemente no son aplicables a nuestra sociedad por diversos factores como lo son: niveles culturales y socioeconómicos, geografía e infraestructura, nivel de tecnología aplicada a los procesos, entre otros.

En nuestra sociedad, el apego hacia las pertenencias que uno va adquiriendo sobrepasa temporalmente a la vida útil del producto, se le asigna un alto valor sentimental a las cosas. Aunado a esto, la desinformación sobre qué hacer con los RE, ocasionan dos graves problemas:

1. Acumulación de los RE en las casas, almacenes u oficinas;
2. Recolección de los RE por canales inadecuados.

Esto pone en peligro a las personas por las sustancias tóxicas que contienen los AEE, y se pierden materiales preciosos por el mal tratamiento. Estas fugas y pérdidas en el canal de recolección son el mayor problema para aumentar la cantidad y calidad de los materiales recuperados y hacer su tratamiento económicamente atractivo.

Por ello revisaremos los conceptos sobre logística inversa, además es importante analizar este proceso desde una visión sistémica y tomar en cuenta el comportamiento de las

personas, pues son los dueños de los RE, por lo que la visión utilizada será de sistema suave.

El *Council of Supply Chain Management Professionals*, establece que la Cadena de Suministro engloba todos los procesos de movimiento físico de los bienes, así como de la información relacionada a ellos, a través de proveedores, empresas y clientes, y el canal inverso. Dentro de las empresas, la administración de estas actividades queda a cargo de la Logística, enfoque que nos ofrece el profesor Martin Christopher, para poder hacer una diferencia entre estos dos conceptos.

Dentro de la cadena de suministro, está el canal inverso. Canal que pretende recuperar y/o generar valor de los bienes que por alguna razón están en desuso, este tema ha ido tomando importancia en la actualidad, e impulso la creación del *Reverse Logistics Executive Council*.

Así, este estudio, queda completamente ubicado. Su campo de acción y los actores que intervienen, son desde el consumidor hasta los primeros proveedores que para el caso de los AEE son los que ofertan las materias primas.

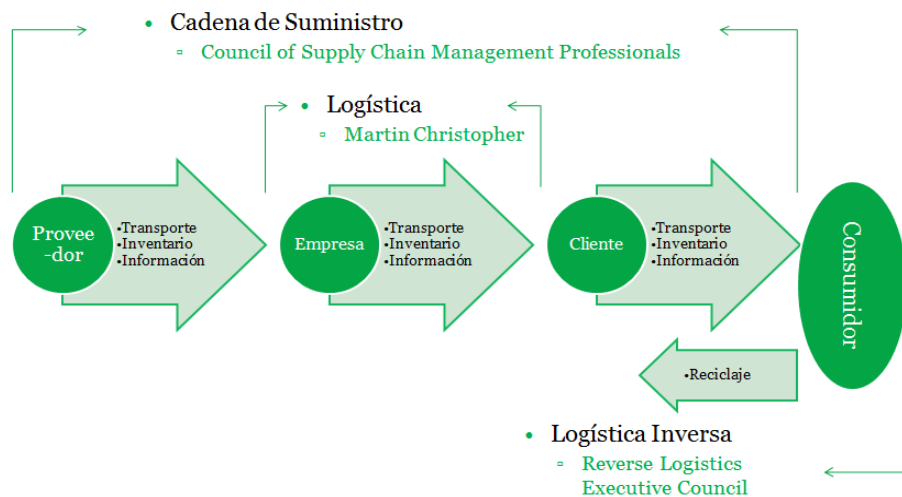


Figura 3. Ubicación de la Logística Inversa. (27)

²⁸ Elaboración Propia, (2011).



En los apartados siguientes se revisan las definiciones y los puntos más importantes que atañen a cada uno de estos temas, y por último se explica la forma en que se pretende tener una visión sistémica de la problemática de los RE.

III.1 Logística

La importancia del concepto para este estudio reside en que; en la actualidad la logística se ha convertido en una herramienta competitiva y estratégica, que las compañías usan para diferenciarse en costo y/o servicio desde el punto de vista del cliente. Una ventaja competitiva está asociada con la preferencia del cliente, y es aquel aspecto del producto o servicio; que el cliente o consumidor identifica y desea, y está dispuesto a pagar por él.

Sin embargo, ya que la difusión de un conocimiento que en determinado momento es considerado como una innovación, es sumamente rápida en la actualidad, las empresas buscan nuevos aspectos que les brinden una ventaja. Con el paso del tiempo, éstas dejan de ser cosas que son deseables para el cliente o consumidor, y se convierten en aspectos básicos que la empresa debe cubrir, si quiere estar en el mercado. Por lo que, ya no solo se habla del aspecto económico del precio del producto o servicio, el cliente o consumidor se ha vuelto más selectivo y la búsqueda por la preferencia del cliente engloba aspectos como las características, la experiencia de compra y el servicio post-venta y más aún, en algunos casos, el sentido de realización como persona.

Así mismo, la definición de logística ha ido cambiando a lo largo del tiempo, pasando desde una definición con aspecto militar, hasta algunas tan elaboradas como las que se muestran a continuación. Es necesario hacer notar que estos enfoques fueron elegidos porque cuentan con elementos que sirven para sustentar este trabajo.

Logística para el CSCMP²⁹, es la parte de la cadena de suministro que planea, implementa y controla el eficiente y efectivo flujo y almacenamiento hacia adelante y en reversa de

²⁹ Council of Supply Chain Management Professionals. *Supply Chain Management: Terms & Glossary*. EU. (Feb. 2010).

bienes, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo en búsqueda de satisfacer los requerimientos de los clientes.

Según Martin Christopher³⁰, es el proceso de manejar estratégicamente la procuración, movimiento y almacenamiento de materiales, partes e inventario de producto terminado (con los flujos de información relacionados) a través de la organización y sus canales de mercadotecnia en una forma que se maximice la rentabilidad presente y futura a través de un cumplimiento de las órdenes que sea efectivo en costo. Ver Figura 4.



Figura 4. Actividades y Flujos Logísticos. (29)

La logística es el ejemplo clásico de aplicación del enfoque de sistemas a los problemas de administración de empresas³². Porque permite comprender que el cumplimiento de los objetivos de una empresa, solo se alcanzan por la mutua interdependencia entre las áreas básicas de la empresa: ventas, producción y finanzas.

Explicando así que el diseño de la cadena de valor, se basa en consideraciones sobre el flujo de información que viniendo del mercado pasa por la empresa y esta cubre los requerimientos que impone el flujo de mercancías, ver Figura 5.

³⁰ Martin, Christopher. Logística, Aspectos Estratégicos, Limusa, México (2003). P45.

³¹ Tomado del curso Cadena de Suministro Global, Semestre 2011-2. Posgrado Ingeniería UNAM.

³² Antún, J.P. Logística: Una Visión Sistémica. Serie D-39, Instituto de Ingeniería, UNAM. México (1994). P 16.

El sistema logístico tiene actividades clave que son el servicio al cliente, el transporte, la gestión de inventarios y el procesamiento de pedidos. Y actividades de soporte, que se encuentran entre las interfaces entre la logística, la producción y la comercialización; como el almacenamiento, manejo de mercancías, procesos de compra, planificación del producto, el empaque y la gestión de la información.



Figura 5. Cadena de Valor. (31)

Ahora bien, podemos distinguir entre dos tipos de logística: directa e inversa, que dependen de cuáles son los puntos de inicio y final de la cadena; y que tienen sus propios retos operacionales. Para la logística directa, es decir la distribución hacia delante de los productos, del productor hasta el cliente, el objetivo del sistema logístico de una empresa es encargarse de: proveer el producto correcto, en el lugar correcto, en el tiempo correcto, en una condición correcta y al costo correcto.

La logística inversa se encarga de recuperar los productos de manos del consumidor o del cliente y llevarlos hasta su reuso o reciclado, extendiendo así la cadena de valor del producto. La recolección de los RE cae dentro este tipo, por lo que le dedicaremos la siguiente sección en este trabajo.

III.2 Logística Inversa

El ciclo de vida útil de los productos, asociado al abastecimiento, la producción y el consumo, ha venido comprometiendo el desarrollo sustentable de las sociedades. Esto ha obligado a un cambio de perspectiva en la forma de usar los recursos, especialmente en la

³³ Tomado del curso Cadena de Suministro Global, Semestre 2011-2. Posgrado Ingeniería UNAM.



manera de recuperar los productos y materiales usados para reutilizarlos de nuevo en el ciclo económico.

En este sentido, ha habido un esfuerzo importante por parte de las compañías en establecer nuevas perspectivas de la cadena de suministro, motivado, no únicamente por norma legales de carácter medioambiental y estándares reconocidos a nivel mundial que responsabilizan al fabricante de todo el ciclo completo del producto, sino también por razones económicas que demuestran un ahorro al reutilizar o reciclar componentes y materiales en lugar de desecharlos y producirlos nuevamente.

Hoy en día existe la posibilidad de recuperar y aprovechar económicamente aquellos productos que dejan de satisfacer las necesidades del consumidor; dicha recuperación genera un flujo de materiales y productos desde el consumidor hasta el productor. El conjunto de aplicación de criterios, exigencias legales y responsabilidades para las empresas ha dado lugar al concepto de logística inversa, en contraposición al tradicional flujo logístico. Las definiciones que encontramos en la literatura consideran varios aspectos importantes sobre el concepto.³⁴

Para Kroon³⁵ es la gestión de la logística y las actividades requeridas para recopilar, administrar y disponer los desechos peligrosos y no peligrosos provenientes de los materiales de empaque y de productos.

Otra definición explica el papel de la logística en el retorno del producto, la reducción de desperdicio, el reciclaje, la sustitución de materiales, la reutilización de materiales, la disposición de desechos, el reacondicionamiento, la reparación y la puesta a nuevo.

³⁴ González-García, J. *La logística inversa en la gestión de residuos*. Sineria Consulting & Engineering S.L. (Junio 2008).

Disponible en: <http://www.infoambiental.es/html/files/pdf/amb/iq/460/02ARTICULOJUN.pdf>

³⁵ Kroon L. y G. Vrijens. *Returnable containers: an example of reverse logistics*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 25:2, (1995) P 56-68.



El *Reverse Logistic Executive Council* define la logística inversa como el proceso de mover bienes desde su destino final típico a otro punto, con el propósito de capturar valor que de otra manera no estaría disponible, para la disposición apropiada de los productos. El punto más importante de esta definición es que considera el concepto de recuperación de valor de los componentes en la cadena.³⁶

Algunas de las operaciones que se pueden enmarcar dentro del concepto de logística inversa son los procesos de retorno de excesos de inventario, envases retornables, materiales propios del proveedor; las devoluciones de clientes, productos obsoletos, inventarios sobrantes de demandas estacionales, el reacondicionamiento y reenvío al punto de venta o a otros mercados secundarios. Una buena política de retorno de los productos en poder del consumidor representa una ventaja competitiva respecto de la competencia.

Tabla 8. Diferencias entre la logística directa y la logística inversa.

Logística directa	Logística inversa
Calidad del producto uniforme.	Calidad del producto no uniforme.
Envase del producto uniforme.	Envase a menudo dañado o inexistente.
Precio relativamente uniforme.	El precio depende de muchos factores.
Los costos son claros y controlados.	Los costos inversos son menos visibles y rara vez se contabilizan.
Gestión de inventario controlada.	Gestión de inventario muy compleja.
Ciclo de vida del producto gestionable.	Ciclo de vida del producto más complejo.
Métodos de marketing bien conocidos.	El marketing puede estar complicado por varios factores.

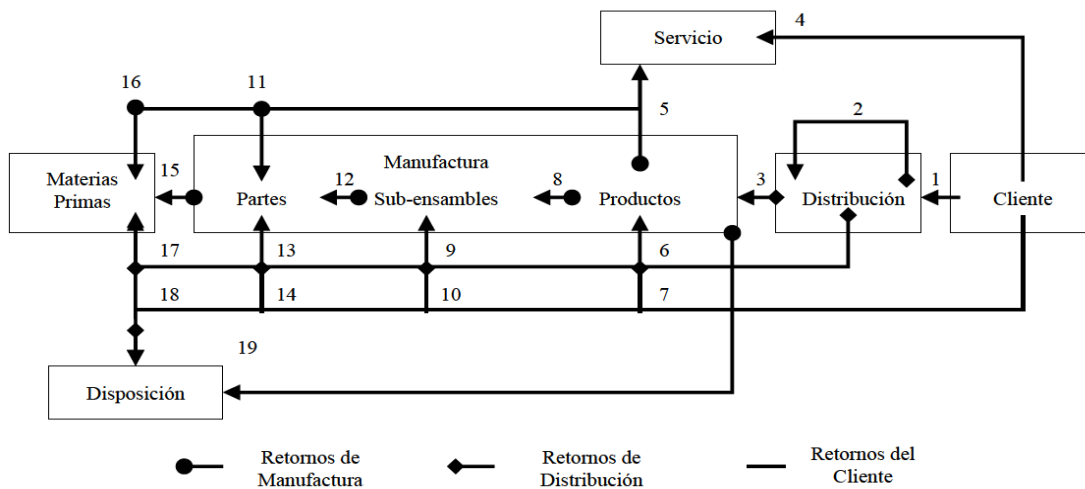
Fuente: Adaptado de J. González-García "La logística inversa en la gestión de residuos" Sineria Consulting & Engineering, S.L. Junio 2008

³⁶ Disponible en: <http://www.unr.edu/coba/logis/page6.html> (Verificado 26/04/11)

III.2.1 Los canales de recuperación

Los materiales que pueden ser recuperables a través del proceso de la logística inversa, vienen de distintos canales de recuperación, esto complica su gestión e impacta en el tratamiento que se debe hacer de los materiales. En la

Figura 6, podemos apreciar todas las posibilidades existentes y el tratamiento que se debe de dar en cada punto.³⁷



- | | |
|---|--|
| 1.- Retornos producto equivocado (re-venta, re- Uso) | 11.- Productos defectuosos (recuperación) |
| 2.- Ajustes comerciales y de almacenamiento (re-Distribución) | 12.- Idem |
| 3.- Recuperaciones (re-Procesos) | 13.- Retornos comerciales (recuperación) |
| 4.- Garantía, Servicio (reparación) | 14.- Fin de vida (recuperación) |
| 5.- Productos defectuosos (reparación) | 15.- exceso de materias primas (re-Uso, re-Venta) |
| 6.- Retornos comerciales (restauración) | 16.- Productos defectuosos, Sobras de producción (reciclaje) |
| 7.- Garantía de cliente (restauración) | 17.- Retornos comerciales (reciclaje) |
| 8.- Producto defectuoso (re-Manufactura) | 18.- Fin de Vida (reciclaje) |
| 9.- Retornos comerciales | 19.- Todos los tipos de flujo inverso (destrucción por incineración, disposición final en relleno sanitario) |
| 10.- Fin de vida (re-Manufactura) | |

Figura 6. Canales de Recuperación de la Logística Inversa. (35)

³⁷ Brito, Marisa. Dekker, Rommert. *Reverse Logistics—a framework*, Erasmus University Rotterdam, Econometric Institute Report. EI (2002).

³⁸ García Olivares, Arnulfo A. *Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística Inversa: Caso reciclaje de plásticos*. Edición electrónica gratuita. Disponible en: www.eumed.net/libros/2006a/.

Del diagrama se infiere que existen ciertos canales que permiten una mayor recuperación de valor; una caracterización de este tipo de recuperación de valor es representada en la Figura 7, el cual representa una pirámide, cuya base representa el mínimo valor que puede ser recuperado, y cuya cima representa el máximo nivel de valor que puede ser obtenido de un retorno.

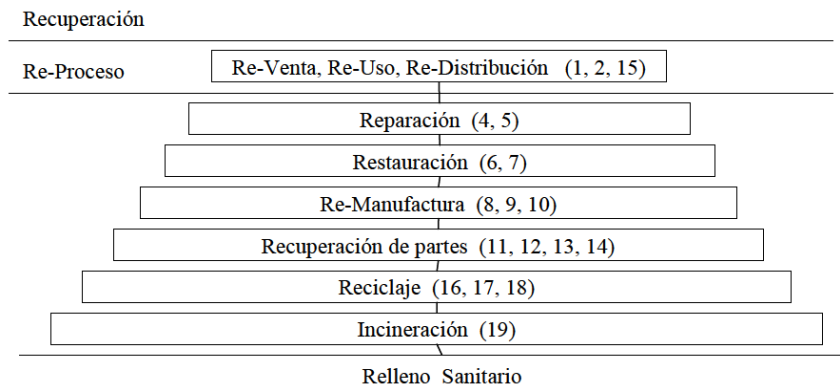


Figura 7. Pirámide de Valor de Recuperación (36)

Se observa que mientras se baje por los niveles de la pirámide, menos valor puede ser recuperado del producto retornado. Lo cual nos da un primer indicio de cuales opciones son más preferidas en los planes de logística inversa.

III.2.2 Creando una Ventaja Competitiva

Ya hemos discutido que una ventaja competitiva nace del valor que una empresa es capaz de crear y ofrecer a los clientes. Lograr una ventaja competitiva a través de la logística inversa depende, en gran medida, de la forma como se recupera el valor que conservan los productos devueltos, desechados por el consumidor o fuera de uso, en general, que fluyen en forma inversa.

La recuperación de estos productos tiene como objetivo principal el aprovechar este valor, obteniendo con ello una rentabilidad económica y, a su vez, consiguiendo ventajas

³⁹ García Olivares, Arnulfo A. *Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística Inversa: Caso reciclaje de plásticos.* (2006)



competitivas sostenibles. Las actividades que se tuvieron en cuenta como opción de gestión, al ser acciones encaminadas a recuperar valor, son a la vez oportunidades para crear o mantener una ventaja competitiva.

En todas las definiciones de logística inversa se incluye al cliente, bien sea éste el consumidor final del producto o bien un intermedio en la cadena de abastecimiento. Cualquier estrategia que las organizaciones pretendan implementar para su funcionamiento tiene como objetivo primordial la permanencia en un mercado determinado por su propia actividad. Quien determina la factibilidad de esta permanencia es el cliente; de su percepción de la importancia que el producto o servicio merezca dependerá su actitud con respecto al proveedor.⁴⁰

III.2.3 *Ventajas y desventajas de la logística inversa*

En la Tabla 9 se presenta resumidamente las ventajas y las desventajas de la logística inversa. A primera vista podemos notar que las desventajas sobrepasan las ventajas, sin embargo hay que tomar en cuenta la necesidad por implementar este tipo de prácticas.

III.2.4 *Fuerzas Promotoras de la Logística Inversa.*

En principio se puede observar que existen ciertas fuerzas que incentivan el uso de la logística inversa, entre estas destacan en tres categorías:

1. Razones Económicas (directa e indirecta);
2. Razones Legislativas;
3. Razones de Responsabilidad Extendida.

Se puede apreciar que la fuerza económica está relacionada a todas las acciones de recuperación donde una compañía tiene una injerencia directa o indirecta de beneficios económicos (esto se refleja en el abatimiento de costos, disminución del uso de materiales, o la obtención de partes de repuesto valiosas), aun cuando los beneficios no son inmediatos, el involucramiento con la logística inversa puede ser un paso estratégico si se

⁴⁰ González-García, J. *La logística inversa en la gestión de residuos*. Sineria Consulting & Engineering, S.L. (Junio 2008.)



espera una legislación ambiental, así mismo debido a estas mismas legislaciones, y al uso de una tecnología diferente puede disuadir a otras compañías de entrar a competir al mercado, por ultimo podemos ver que una compañía que tiene una buena imagen (ambiental) es preferida en muchos mercados, como es el caso de los mercados europeos; asimismo, esta imagen estrecha vínculos con el cliente, debido a que existe un incremento creciente de conciencia ambiental de la sociedad.

Tabla 9. Ventajas y Desventajas de la Logística Inversa

Ventajas	Desventajas
Reaprovechamiento de algunos materiales	Se requiere la realización de estudios previos para el establecimiento de políticas de decisión en el tema
Posibilidad de la empresa de abarcar otros mercados	Todos los departamentos de la empresa están relacionados con las actividades que se pretendan implementar de logística inversa
Mayor confianza en el cliente al momento de tomar la decisión de compra	Las devoluciones en pequeñas cantidades tienden a representar mayores costos al integrarlos al sistema
Mejora considerable de la imagen de la empresa ante los consumidores	Las entradas a un proceso de logística inversa son “impredecibles”
Obtención de información de retroalimentación acerca del producto	No se trata sólo de una simple manipulación del producto
	Las inspecciones deben ser realizadas en cada producto de forma individual y minuciosa
	La nueva cadena (inversa) incluye un número de procesos inexistentes en logística directa
	Se debe decidir si la empresa debe realizar las distintas actividades con sus propios recursos o si, por el contrario, requerirá los servicios de un operador especializado

Fuente: Adaptado de J. González-García “La logística inversa en la gestión de residuos” Sineria Consulting & Engineering, S.L. Junio 2008.

Un ejemplo de esto, es la forma en cómo la logística inversa también ayuda a mantener al día el stock de productos de los vendedores. Un ejemplo clásico de aplicación de un sistema de logística inversa es el plan de recolección de equipos y componentes



informáticos de IBM, con el que se ha conseguido reutilizar un 35% de sus productos a su fin de vida y obtener unos ahorros de más de 200 millones de dólares anuales.

Hewlett Packard, por su parte, llevó a cabo un programa de reciclaje de cartuchos de tinta que le ha permitido recoger en todo el mundo más de 39 millones de consumibles de las impresoras LaserJet. De esta forma, ha dejado de depositar en los vertederos casi 50,000 toneladas de material.

III.3 Teoría de sistemas suaves

Las actividades profesionales y académicas de sistemas, en la mayoría de los casos, han mantenido su énfasis en los modelos matemáticos, las técnicas y las herramientas destacando en su desarrollo y aplicación las relativas a la optimización, la probabilidad, la estadística y la computación.

Las actividades de sistemas se basan en una la ciencia sistémica: expansionista, sintética y teleológica. Con una base de ciencia convencional, no sorprende que se haya considerado que sistemas se ve limitado para afrontar problemas en determinado tipo de contextos, ya que al observar la contribución que se había logrado en la resolución de problemas de sistemas, en organizaciones productoras de bienes y servicios, las actividades de sistemas han incursionado a tratar de coadyuvar en la resolución de problemas sociales, encontrándose con dificultades que desencadenaron la crítica de las posibilidades de su aplicación.

En la búsqueda metodológica de encontrar las razones de las limitaciones de la aplicabilidad de sistemas, para superarlas, se ha identificado que los objetos de estudio, pueden clasificarse como sistemas duros y suaves. Los sistemas duros se identifican como aquellos en que interactúan hombres y máquinas. En los que se les da mayor importancia a la parte tecnológica en contraste con la parte social. La componente social de estos sistemas se considera como si la actuación o comportamiento del individuo o del grupo social sólo fuera generador de estadísticas. Es decir, el comportamiento humano se considera tomando sólo su descripción estadística y no su explicación. En los sistemas



duros se cree y actúa como si los problemas consistieran sólo en escoger el mejor medio, el óptimo, para reducir la diferencia entre un estado que se desea alcanzar y el estado actual de la situación. Esta diferencia define la necesidad a satisfacer el objetivo, eliminándola o reduciéndola, se cree que ese fin es claro y fácilmente definible y que los problemas tienen una estructura fácilmente identificable.

Los sistemas suaves se identifican como aquellos en que se les da mayor importancia a la parte social. La componente social de estos sistemas se considera la primordial. El comportamiento del individuo o del grupo social se toma como un sistema teleológico, con fines, con voluntad, un sistema pleno de propósitos, capaz de desplegar comportamientos, actitudes y aptitudes múltiples. Al comportamiento no sólo hay que describirlo sino hay que explicarlo para conocerlo y darle su propia dimensión. Un sistema suave es un sistema con propósitos, que no sólo es capaz de escoger medios para alcanzar determinados fines, sino que también es capaz de seleccionar y cambiar sus fines. En estos sistemas se dificulta la determinación clara y precisa de los fines en contraste a los sistemas duros. Los problemas en los sistemas suaves no tienen estructura fácilmente identificable.

Los problemas duros son problemas caracterizados por el hecho de que están bien definidos. Se asume, en ellos, que hay una solución definida y que se pueden definir metas numéricas específicas a ser logradas. Esencialmente, con un problema duro se puede definir qué tipo de resultado se logrará antes de poner en ejecución la solución. Los “qué” y los “cómo” de un problema duro pueden estar determinados previamente en la metodología.

Los problemas suaves, por otra parte, son difíciles de definir. Tienen una componente social y política grande. Cuando pensamos en problemas suaves, no pensemos en problemas sino en situaciones problemas. Se parte del hecho de que las cosas no están trabajando de la manera en que lo deseamos y queremos averiguar porqué y vemos si hay alguna cosa que podamos hacer para aliviar la situación. Una situación clásica de esto, es que tal vez no sea un problema sino una oportunidad, como es el caso de un proyecto a planear.



La metodología de sistemas suaves (MSS) fue desarrollada por Peter Checkland⁴¹ para el propósito expreso de ocuparse de problemas de este tipo. MSS se divide en siete etapas distintas. Éstas son:

1. Situación Problema no Estructurada: Se enfoca en encontrar hechos de la situación problema. Ésta es una investigación básicamente en el área del problema. ¿Quiénes son los jugadores claves? ¿Cómo trabaja el proceso ahora? etc.;
2. Situación Problema Estructurada: Se recoge y clasifica la información para estructurarla y expresarla en una Figuras Enriquecidas, en cualquier tipo de diagrama, más conocimiento se puede comunicar visualmente;
3. Nombramiento de los Sistemas Relevantes: Puede que existan perspectivas diferentes al mirar la situación problema, por ello se selecciona una visión de la situación y se producir una Definición Raíz;
4. Construcción de Modelos Conceptuales: Para construirlos se consideran de las necesidades del sistema para cada una de las definiciones raíz. Se tienen "los qué"; de las definiciones de la raíz, se definen "los cómo";
5. Comparación del Modelo Conceptual contra la Realidad: Comparar los resultados de los pasos 4 y 2 para ver donde hay diferencias y similitudes;
6. Evaluar el Modelo Conceptual. El modelo debe aliviar de cierta forma la situación problema, de lo contrario hay que hacer una nueva iteración. Lo siguiente es identificar de los cambios factibles y deseables: Se enfoca en la definición de los cambios que se buscan aplicar al sistema, las restricciones a las que se enfrenta son la posibilidad de su aplicación y que sean un alivio a la situación problema;
7. Puesta en Marcha de los Cambios: Su objetivo es poner en práctica en el sistema los cambios identificados que buscan aliviar la situación problema.

Este es un enfoque iterativo. Varias iteraciones de estos siete pasos se requieren a veces para producir buenos resultados. A continuación se detallan las siete etapas.

III.3.1 Situación Problema no Estructurada.

La etapa inicial consiste simplemente en que los encargados y/o los empleados (propietarios del problema) identifiquen que son requeridos una revisión o un cambio de tareas y la manera en que deben realizarse. La gente de la organización acepta que puede

⁴¹ Checkland, P. *Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas*, Limusa, México (1992).



haber un problema o ven una posibilidad de mejorar y son de la idea de que se inicie el análisis o la revisión. La metodología de sistemas suaves en principio considera que el término: el problema, es inadecuado porque hace que se minimice la visión de la situación. La metodología de los sistemas suaves cree que: situación problema, es un término más apropiado puesto que puede haber muchos problemas que tienen la necesidad percibida a ser solucionados.

III.3.2 Situación Problema Estructurada.

La etapa 1 incluyó básicamente la problemática, lo que la gente de la organización sospecha que puede haber un problema y/o una posibilidad para la mejora. En la etapa 2, se recoge y clasifica la información, esta etapa provee una cierta descripción de la situación problema. Lo siguiente es la información que estamos buscando:

- La estructura de la organización: esos factores que no cambian fácilmente (las construcciones, las localizaciones, el ambiente, etc.).
- Procesos o transformaciones que se realizan dentro del sistema: muchos de éstos están cambiando constantemente.
- Hechos que son expresados o sentidos por los miembros de organización (quejas, críticas, sugerencias, etc.).

Hay muchas estrategias que los analistas pueden emplear cuando recogen los hechos; desde enfoques muy informales, no estructurados; hasta las muy formales, ya estructuradas y empleadas en análisis tradicional de los sistemas.

La etapa 1 y la etapa 2 son una fase de la expresión durante a la cual se intenta construir una posible visión enriquecida, no el problema sino la situación que allí se percibe como problema. Es muy importante no reducir el alcance de la investigación demasiado rápido, pues se corre el riesgo de excluir mucha de la información que podría ser relevante.

Cuando se obtiene la información de los miembros de una organización, que son los involucrados en la situación problema, se hace usando el lenguaje natural (español). Esto plantea numerosos problemas y potenciales trampas. El analista debe estar preparado para aceptar que en esta etapa, la información obtenida es incompleta y contiene contradicciones y ambigüedades. El sistema al cual estamos tratando de entender es un



sistema suave y por lo tanto la información acerca del sistema es probable que sea cualitativa más que cuantitativa.

III.3.2.1 La Figura Enriquecida.

La figura enriquecida se utiliza para proveer un modelo del sistema y ayudar con el análisis, y así obtener una apreciación de la situación problema. Es importante notar la diferencia entre la figura enriquecida y el modelo formal. La figura enriquecida no procura modelar al sistema de una manera en particular; no es un mapa del modelo del sistema (que se genera en fases posteriores), ni tampoco debe ser un organigrama. Provee una representación gráfica para ver y pensar acerca del sistema. Ésta puede ser refinada conforme la comprensión del sistema llega a ser más clara.

La figura enriquecida es una expresión intelectual e individualista, y por lo tanto no se puede calificar de "correcta" o "incorrecta". Sin embargo, debe representar la estructura, los procesos y los hechos de la organización que podrían ser relevantes en la definición del problema. Debe intentar dar una impresión del clima de la organización.

III.3.3 *Nombramiento de los Sistemas Relevantes.*

III.3.3.1 Definiciones raíz.

Una definición raíz sirve para expresar el propósito central de un cierto sistema útil de actividad. La correcta formulación del nombramiento de los sistemas relevantes que participan en la actividad es muy importante, pues proveen una directriz que ayuda en la construcción del modelo de un sistema. Por lo anterior, es necesario formularlos de manera que el modelo pueda ser construido basado en cada nombramiento.

Una definición de raíz se expresa como un proceso de la transformación que toma una entidad como entrada de información, cambia o transforma a esa entidad, y produce una nueva forma de la entidad.

Producir una definición de raíz es un proceso progresivo de dos pasos:

1. Un hecho o una tarea se elige de una visión enriquecida;



2. Se define un sistema para realizar la tarea o para dirigir los hechos.

Cada definición raíz debe implicar cierta visión del mundo. La definición de la opinión del mundo no es siempre trivial. También, no es deseable definir todas las opiniones del mundo, éstas pueden venir de fuentes tales como oficiales del gobierno, ejecutivo de compañías, encargados del proyecto, empleados, clientes, competidores y medios de noticias. Cada una de estas opiniones del mundo será conectada a una o más definiciones raíces distintas.

III.3.3.2 Modelo CATWOE

Las definiciones raíz se escriben como sentencias que efectúan una transformación. Hay seis elementos que Checkland propone tomar en cuenta para tener una definición raíz bien formulada, que se resumen en el acrónimo CATWOE⁴².

- Cliente: considera a cada uno que obtiene beneficios de un sistema. Si el sistema implica sacrificios tales como despidos, son víctimas deben también ser contadas como clientes.
- Actor: son los que realizan las actividades definidas en el sistema.
- Proceso de la transformación: Esto se muestra como la conversión de la entrada de información a la producción.
- *Weltanschauung*: Es la expresión alemana que significa la opinión del mundo. Esta opinión del mundo hace que el proceso de la transformación sea significativo en contexto.
- Propietario (*Owner*): Cada sistema tiene algún propietario, es decir, quien tiene el poder para comenzar y/o para cerrar el sistema.
- Ambiente (*Environment*): Los elementos externos que existen fuera del sistema que se toman como datos. Esto incluye políticas de organización, así como, materias legales y éticas.

⁴² Checkland, P. *Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas*, Limusa, México (1992).



CATWOE se utiliza principalmente con el fin de analizar las sentencias de la definición raíz, pero se puede utilizar como bloque de construcción para derivar la sentencia de la definición raíz, si se saben los elementos de CATWOE.

Utilizamos CATWOE como la espina dorsal para desarrollar definiciones raíz debido a que el uso de la transformación en sí misma como definición raíz se hace difícil de modelar. La transformación y la opinión del mundo son el centro del CATWOE. Cada actividad se puede expresar en muchas maneras, usando opiniones diferentes del mundo. Es una buena idea que diferentes puntos de vista sean utilizados para desarrollar diferentes definiciones raíz. CATWOE también reconoce la necesidad de explicar lo relativo a propiedad, funcionamiento, beneficiarios, víctimas y eventos externos, que son cosas importantes a explicar en la documentación del sistema.

III.3.4 Construcción de Modelos Conceptuales.

Un modelo conceptual es un modelo humano de la actividad, que estrictamente se conforma con la definición raíz usando el conjunto mínimo de actividades. Los pensamientos de sistemas se aplican en este desarrollo.

El modelo conceptual para un sistema consiste de un sistema operacional limitado por un proceso de monitoreo. Este sistema operacional consiste en una actividad central y algunas actividades alternas que se requieren para que la actividad central pueda ser hecha.

III.3.5 Comparación del Modelo Conceptual contra la Realidad.

Ésta es la etapa de regreso al mundo verdadero. En esta etapa, los modelos conceptuales construidos en la etapa 4 serán comparados con la expresión verdadera del mundo, de la etapa 2. El trabajo puede conducir en esta etapa a la reiteración de la etapa 3 y la 4. Previa experiencia anterior de usar MSS indica que la comparación no es de hecho una comparación propiamente dicha. Basado en el análisis razonado de esta metodología, hay cuatro maneras de hacer la comparación. Las cuales son:

1. Usar los modelos conceptuales como base para cuestionamientos ordenados;
2. Comparar historia con predicción del modelo;



3. Comparación Total General;
4. Recubrimiento Modelo.

Antes de que se realice la comparación, varios otros aspectos necesitan ser mencionados. La primera pregunta es ¿Cuál es el fin de la etapa 4?. Cuando deberá ser tiempo de parar de construir el modelo conceptual y de moverse a la comparación verdadera del mundo. La tentación siempre es complacer la prolongación y elaboración de la construcción del modelo. Es divertido trabajar en modelar y no es tan cómodo traer al modelo a la realidad y engancharse con las dificultades de las situaciones del problema. De hecho, de la experiencia de Checkland, es mejor moverse rápidamente a la etapa de la comparación. Se permitirá refinar el modelo posteriormente cuando tenga que ir de nuevo a la etapa de la conceptualización otra vez.

Los cuatro métodos pueden ayudar a asegurar la comparación en la etapa 5, son conscientes, coherentes y defendibles. Dependiendo de los problemas percibidos, el método determinado se puede utilizar para hacer la comparación, o todas las clases de comparación se pueden realizar con todos estos cuatro métodos. Para un sistema existente, la comparación puede ser hecha con lo que existe; pero para uno nuevo, la comparación no se puede hacer con lo que existe, sólo con una cierta expectativa redefinida, en este caso, la experiencia dicta que el ensayo y el error son el mejor enfoque.

III.3.6 Evaluar el Modelo Conceptual.

En la etapa 6 se evalúa el modelo conceptual. Si el modelo falla los resultados serán muy parecidos a la situación presente, y habrá que hacer una nueva iteración desde el paso dos. Si el modelo resuelve satisfactoriamente una parte o toda la situación problema, entonces se identifican y se discuten los cambios factibles y deseables que serán puestos en acción en la etapa 7, puesto que en ocasiones es necesaria una implementación gradual de los cambios en lugar de un cambio radical en el sistema. El propósito de la etapa es generar los cambios acerca de posibles puntos discusión que se pudieron realizar dentro de la situación percibida del problema. Esto se puede ver claramente con el segundo método de hacer la comparación.



Podemos encontrar tres clases de cambios:

1. Cambio en la estructura: son aplicados en esas partes de realidad que en corto plazo, no cambian;
2. Cambio en el procedimiento: son cambios a los elementos dinámicos;
3. Cambio en la actitud: que es el comportamiento apropiado a las varias misiones, así como cambios en la preparación a ciertas clases de comportamiento 'bueno' o de 'malo' concerniente a otros.

Los cambios en estructura y procedimiento son fáciles de especificar y es relativamente fácil ponerlos en ejecución; por lo menos, éstos se pueden hacer por que la gente que tiene autoridad o la influencia los dictamina. Sin embargo, resulta relativamente difícil cambiar la actitud.

Otra característica importante de la MSS es la meta conducida, se concentra en un sistema deseable y cómo alcanzarlo. Checkland indicó que los cambios deben ser sistemáticamente deseables como resultado de la penetración ganada de la selección de las definiciones raíz y de la construcción del modelo conceptual, y deben también ser culturalmente factibles dadas las características de la situación, de la gente en ella, de sus experiencias compartidas y de sus prejuicios.

III.3.7 Puesta en Marcha de los Cambios

El trabajo en la etapa 7 es ejecutar los cambios y ponerlos en la acción. Cuando se toma la acción, puede ser que sea directa. La introducción de la acción puede cambiar la situación de modo que aunque se ha eliminado el problema originalmente percibido, emerja un nuevo problema.

Generalmente, como esta etapa es muy invasiva, es más probable que sea puesto en marcha un cambio más modesto, que la ejecución total de los cambios factibles y deseables identificados. Una de las características importantes en la MSS es el énfasis en cambio.



IV DISEÑO DE LA PROPUESTA

EL primer paso de la MSS nos lleva a encontrar los hechos de la situación problema. La tarea de investigar en el área del problema e identificar quienes son los jugadores clave y como trabaja el proceso ahora esta plasmada en los primeros capítulos de este trabajo en el Capítulo II. La problemática de los Residuos Electrónicos.

Ahora reconocemos que en nuestro país la situación problema se expresa como la falta de un proceso eficiente de recolección de Residuos Electrónicos, que podemos observar en el bajo índice que se recicla, según lo que reporta la literatura.

En los apartados siguientes se desarrollan los pasos de la MSS para encontrar una posible solución que alivie esta situación problema. La siguiente tarea será organizar toda la información recaba y presentar una definición estructurada de la problemática.

IV.1 Situación Problema Estructurada.

IV.1.1 Entendiendo la Situación Problema.

No existe un sistema de tratamiento de RE eficiente en el país, por lo que su volumen va en aumento año con año, almacenados en casas, oficinas y en el peor de los casos en tiraderos clandestinos. La informalidad es la forma de operación más común, a falta de un marco regulatorio legal y delegar las responsabilidades de los organismos gubernamentales pertinentes.



Los esfuerzos por resolver este problema son por parte de empresas y asociaciones civiles, que tienen centros de acopio permanentes y organizan jornadas masivas de recolección de RE en lugares públicos, en los que en ocasiones participan diversas instituciones. Sin embargo, el alcance de estos programas no ha logrado permear al grueso de la población.

La situación problema se manifiesta a través de las razones por las cuales las personas no desechan sus RE, que se identificaron gracias a la investigación realizada y los hallazgos en la literatura. Con la información que obtuvimos de la investigación en la bibliografía revisada, podemos establecer las fortalezas y debilidades del sistema actual, así como las oportunidades y los elementos que lo amenazan, a continuación en las Tablas 10 y 11, se muestran los distintos elementos agrupados por rubro.

Tabla 10. Análisis FODA Sistema.

Fortalezas	Debilidades
Los RE contienen materiales valiosos y algunos reciclables	Los RE tienen componentes contaminados con sustancias tóxicas, que dificultan su re-uso o reciclado.
La población de alguna manera está consciente del daño que implican	Poca difusión de programas y empresas de tratamiento.
El mercado de segunda mano es una opción al reciclado, que extiende el tiempo de vida útil de los AEE.	El funcionamiento de las empresas de reciclado no está regulado. Los acopiadores solo extraen los materiales valiosos, enviando lo demás al tiradero. No se respetan las normas internacionales para su tratamiento.
Algunas personas dispuestas a entregar sus RE	Horarios inconvenientes y Ubicaciones lejanas
Se tiene mucho material por reciclar y es generado constantemente	Las personas buscan recuperar un valor residual por sus AEE, aunque ya no sirvan.
Apoyos económicos gubernamentales que apoyan la creación de programas verdes.	Algunas personas tienen un apego emocional por sus AEE, por el cual no están dispuestos a entregarlos.
	Los productores de AEE no están obligados a participar en la recolección y los organismos gubernamentales no tienen programas concretos de acción.
	Escaso desarrollo de tecnología y patentes.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 11. Análisis FODA Entorno (Continuación).

Oportunidades	Amenazas
Con solo del 10 al 20% de RE enviados a tratamiento anualmente, se tiene un gran volumen disponible.	Prácticas desleales que ocasionan desconfianza en la eficiencia de los programas
Hacer interacción con diferentes sectores para unir fortalezas y proporcionar beneficios.	No desarrollar cadenas de suministro estratégicas en el futuro
Convocar y sensibilizar a la población en general para propiciar su participación en los Programas de Reciclaje.	Poco interés por parte de particulares en el desarrollo de programas por no encontrar rentabilidad alguna. No se da seguimiento a programas.
Copiar modelos de tratamiento eficientes ya existentes en otros países. Generar efecto multiplicador, con base en la detección de casos de éxito.	Actividad del sector controlado por la informalidad.
Buscar la creación de nuevas tecnológicas.	No contar con un proyecto focalizado en los aspectos urgentes
Divulgar leyes claras y elementos facilitadores que propicien la entrada de nuevas empresas e inversionistas.	

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2 Figura enriquecida

La figura enriquecida nos ayuda para plasmar la situación real, las interacciones que hay entre los diferentes elementos del sistema, así como su perspectiva de la situación problema. Dichas interacciones, se obtuvieron de la investigación de la situación actual de la recolección de RE en nuestro país presentada en el capítulo II que aborda la problemática de los Residuos Electrónicos.



Figura 8. Figura enriquecida del sistema

IV.2 *Nombramiento de Sistemas Relevantes*

Hemos visto que cuando la parte social del sistema juega un papel importante en la persecución del propósito del sistema, no es posible analizarlo como un modelo duro y obtener una optimización matemática. En nuestro caso, ya que los dueños de los RE son precisamente personas, y a que existen distintas razones por las que los actuales sistemas de recolección no han sido completamente exitosos, es necesaria una aproximación mediante la metodología propuesta por Checkland.

El planteamiento de la problemática arrojó una visión enriquecida del actual sistema de recolección de RE, y el modo en como perciben la realidad sus principales clientes que son los dueños de los RE y las empresas de reciclado. Partiremos de esa visión para proponer una solución, desarrollando las etapas faltantes de la metodología, incluyendo la etapa de comparación con la realidad que incluye el lanzamiento de un programa piloto de recolección.

IV.2.1 *Definiciones raíz*

Una definición raíz es una declaración, que nos permite encontrar una posible solución, o una forma de disminuir el impacto provocado por la situación problema, ya que toma en cuenta las diferentes perspectivas de los actores. La Tabla 12 muestra las estrategias para

maximizar las Fortalezas y minimizar los efectos de las Debilidades del sistema actual. La Tabla 13 hace lo propio maximizando las Oportunidades y disminuyendo las Amenazas.

Tabla 12. Definición de estrategias 1

Fortalezas	Debilidades	Estrategias
Los RE contienen materiales valiosos y algunos reciclables	Los RE tienen componentes contaminados con sustancias tóxicas, que dificultan su re- uso o reciclado.	Diseñar un proceso de recolección y tratamiento amigable con el ambiente para recuperar valor de los RE.
Se tiene mucho material por reciclar y es generado constantemente	Escaso desarrollo de tecnología y patentes.	Financiar investigaciones y facilitar el proceso de registro de patentes.
La población de alguna manera está consciente del daño que implican	Poca difusión de programas y empresas de tratamiento	Promover programas para dar a conocer los efectos nocivos sobre la salud y el ambiente.
Algunas personas dispuestas a entregar sus RE	Horarios inconvenientes y Ubicaciones lejanas	Acercar los programas de recolección a las personas.
El mercado de segunda mano es una opción al reciclado, que extiende el tiempo de vida útil de los AEE.	Las personas buscan recuperar un valor residual por sus RE, aunque ya no sirvan.	Ofrecer algo a cambio de los RE, para devolver el valor residual que buscan las personas y que encuentran en otros canales.
	Algunas personas tienen un apego emocional por sus AEE, por el cual no están dispuestos a entregarlos.	Cambiar el apego hacia los AEE por algo más fuerte.
	El funcionamiento de las empresas de reciclado no está regulado. Los acopiadores solo extraen los materiales valiosos, enviando lo demás al tiradero. No se respetan las normas internacionales para su tratamiento.	Emitir leyes, regulaciones y normas que terminen con la informalidad que gobierna el sector.
Apoyos económicos gubernamentales que apoyan la creación de programas verdes.	Los productores de AEE no están obligados a participar en la recolección y los organismos gubernamentales no tienen programas concretos de acción.	Fomentar la creación de empresas que participen en el sector, otorgando beneficios económicos y fiscales.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Definición de estrategias 2

Oportunidades	Amenazas	Estrategias
Con solo del 10 al 20% de RE enviados a tratamiento anualmente, se tiene un gran volumen disponible		Alinear la visión del gobierno, empresarios y academia hacia el incremento de este índice.
Hacer interacción con diferentes sectores para unir fortalezas y proporcionar beneficios	No desarrollar cadenas de suministro estratégicas en el futuro	Crear y divulgar una base de datos de empresas certificadas para promover la creación de alianzas estratégicas
Buscar la creación de nuevas tecnológicas		Ofrecer financiamiento y facilidades para la adquisición y creación de nuevas tecnologías
Convocar y sensibilizar a la población en general para propiciar su participación en los Programas de Reciclaje	Prácticas desleales que ocasionan desconfianza en la eficiencia de los programas	Crear una certificación para las empresas que quieran participar en el sector.
Copiar modelos de tratamiento eficientes ya existentes en otros países. Generar efecto multiplicador, con base en la detección de casos de éxito.	Poco interés por parte de particulares en el desarrollo de programas por no encontrar rentabilidad alguna. No se da seguimiento a programas.	Fomentar la creación de empresas que participen en el sector, otorgando beneficios económicos y fiscales.
Divulgar leyes claras y elementos facilitadores que propicien la entrada de nuevas empresas e inversionistas.	Actividad del sector controlado por la informalidad.	Emitir leyes, regulaciones y normas que terminen con la informalidad que gobierna el sector.
	No contar con un proyecto focalizado en los aspectos urgentes	Diseñar programa a largo plazo dividido en tres etapas: sensibilización, consolidación y seguimiento.

Fuente: Elaboración Propia

La creación de leyes, fomento a la creación de empresas, financiamientos y planeación de macroprogramas las dejaremos por el momento de lado, en manos de las autoridades y actores correspondientes, y nos enfocaremos en aquellas estrategias en las que el campo de la ingeniería industrial tiene aplicación directa.

Las estrategias en las que trabajaremos son:

1. Diseñar un proceso de recolección y tratamiento amigable con el ambiente para recuperar valor de los RE;
2. Acercar los programas de recolección a las personas;
3. Ofrecer algo a cambio de los RE, para devolver el valor residual que buscan las personas y que encuentran en otros canales;
4. Cambiar el apego hacia los AEE por algo más fuerte.

Es necesario dividir el proceso que propone la primera estrategia en dos, recolección y tratamiento. Debido a que ya existen empresas establecidas que cuentan con la infraestructura para hacer el reciclado de los RE, aunque no todas lo hacen amigablemente con el ambiente aún, y literatura que cubren esta parte del tratamiento; y a que hemos identificado que el principal problema en nuestro país se refiere a la recolección, esta será la parte del proceso con la que trabajaremos.

Es necesario por la importancia que tiene cada objetivo y por relación que guardan entre ellos, conjuntarlos objetivos en uno. De manera que la definición raíz con la que trabajaremos queda como:

Diseñar un programa cuyo objetivo sea motivar la participación en la recolección de los RE, tomando en cuenta las condiciones que sus dueños reconocen como importantes para colaborar. Debe acercarse a las personas, de preferencia donde tienen sus actividades diarias, para que no tengan que desplazarse grandes distancias; ofrecer algo a cambio para cubrir el valor residual que las personas quieren recuperar y sensibilizar sobre el tema para eliminar el apego que puedan sentir por los aparatos.

IV.2.2 Modelo CATWOE.

Tabla 14. Análisis CATWOE

Sistema Relevante	Acción
Clientes.	La sociedad en general, todos producimos RE. Personas y empresas que se quieran deshacer de sus RE. Las empresas de reciclado que se enfocarán a su <i>core business</i> , pues la recolección no les genera valor.
Actores	Colaboradores del programa de recolección.
Transformación	El proceso de recolección de RE con su estrategia y mecánica.
<i>Weltanschauung</i>	Organismos internacionales como la UNEP (UNESCO). Secretaría de Economía. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente. Cámaras de empresarios.
<i>Owners</i> = Propietarios	Director del programa de recolección, y los dueños o representantes de las ubicaciones donde se promoverá el programa.
<i>Environment</i> (Ambiente)	Personas y empresas informales que hacen un tratamiento informal con prácticas poco amigables con el ambiente. Escaso desarrollo y planificación en este tema a nivel nacional.

Fuente: Elaboración Propia

IV.3 Modelo Conceptual (Proceso de Recolección).

La propuesta que se hizo para tratar de reducir los efectos de la situación problema propone un sistema de recolección que ofrezca una ventaja competitiva frente al modo actual de hacer las cosas.

El Reciclón IPN-SMA-REMSA 2011 representó una oportunidad sin igual para analizar el proceso de recolección de una de las empresas líder en el ramo. Se llevó a cabo en la



ciudad de México del 26 al 30 de septiembre. Las personas tuvieron la oportunidad de llevar sus RE en las ubicaciones y horarios que muestra la Tabla 15.

Esta empresa ofrece sus servicios sin costo para las personas que lleven sus RE. La ubicación del stand se anuncia con mantas que muestran el tipo de aparatos que se aceptan, y los nombre de las empresas y organizaciones que están participando en la jornada de recolección.

El stand consta solamente de una carpa con una mesa. Al llegar a él, un anfitrión recibe a las personas y les pregunta que van a entregar, hace un conteo de las cosas que entregan y lo anota en un formato, el cual contiene: los datos de las personas, nombre y edad; lo que entregaron, los aparatos están enlistados por tipo, y al final se firma de entregado.

Tabla 15. Información Reciclón 2011

Fecha	Del 26 al 30 de septiembre
Depósitos	En Zacatenco: Plaza “Juan de Dios Bátiz” (Zona de Gobierno IPN), Planetario Luis Enrique Erro, Centro Cultural “Jaime Torres Bodet” Casco de Santo Tomás: Cuadrilátero Jardín Botánico de la Primera Sección del Bosque de Chapultepec Zoológico de los Coyotes
Horarios	De 11:00 a 16:00 horas.

Fuente: Gobierno del Distrito Federal <http://www.noticiasdetuciudad.df.gob.mx/?p=22103>

Al firmar el formato se agradece a la persona por participar y se despide. Los aparatos entregados son puestos en cajas de cartón y llevados a un lugar que sirve como almacén provisional. Y se recibe a la siguiente persona.

Al participar en esta dinámica pudimos identificar las áreas de oportunidad de este sistema de recolección y constatar que no cumple con la definición raíz que planteamos. Por ello, podemos aceptar nuestra definición raíz como novedosa y plantear el modelo conceptual mostrado en la Figura 9.



Figura 9. Modelo Conceptual propuesto. Programa VAE.

Para lograr cada uno de los 4 puntos que precisa el modelo conceptual, será necesario realizar una serie de actividades antes de presentarlo al público en general. Primeramente hay que pensar que el grado de rotación de un AEE, es relativamente rápida, pero no para lograr que las personas lleven un aparato diario, más bien será algo cíclico en períodos de meses, incluso años, crear la relación con los clientes estaría enfocado a que regresaran, aunque sea meses después. Es por ello que hablaremos de jornadas de recolección y stands, en lugar de puntos fijos de recolección, los cuales generarían gastos innecesarios.

A continuación se enlistan los puntos que se han resultado de la investigación y análisis de la información recabada. El proceso abarca desde la organización de la jornada de recolección hasta la entrega de los RE en un almacén primario, donde sólo se separaran y contabilizaran los RE.

IV.3.1 Identificar una ubicación para el stand.

La expresión máxima de ir hasta donde las personas están, sería ofrecer el servicio de recolección a domicilio, esto no es viable económicamente porque el transporte encarece el proceso. Por ello, será necesario buscar ubicaciones al que las personas tengan que asistir por una razón en específico, por ejemplo: el trabajo, la escuela o un centro deportivo. Al estar en esos lugares, el proceso de juntar los RE casa por casa queda en manos de las personas que participen y así abatimos el costo del transporte hasta el stand de recepción, que por otro lado, no afecta a los participantes puesto que ellos se tienen que desplazar hasta ese punto movidos por otra actividad diaria para ellos. El punto clave aquí es tener el apoyo de las instituciones y de los responsables de los lugares para poder ubicar los stands de recolección.

IV.3.2 Contactar a las autoridades.

Contactar a las autoridades correspondientes para buscar su apoyo, y tramitar todos los permisos necesarios. Hay dos cosas que es de suma importancia lograr en la negociación: el horario de atención y facilidades de acceso al lugar; la primera es porque deben de considerarse las horas picos; en el caso de escuelas y oficinas se considerarán horas de entrada, salida y comida, la segunda para poder transportar fácilmente los RE recolectados. El apoyo institucional que se logre obtener nos beneficia además en otros dos aspectos; alcanzar a todas las personas que formen parte de la institución y mayor credibilidad en el programa de recolección; en nuestra experiencia hemos detectado que lograr que las autoridades se involucren se facilita gracias al carácter ecológico del proyecto.

IV.3.3 Conocer a la población.

Hacer un perfil del tipo de personas que asisten a ese lugar, cubriendo aspectos como son: nivel socioeconómico, escolaridad, motivo por el que asiste a ese lugar y edad. Esto es para seleccionar los productos adecuados con la finalidad que les sean llamativos y se sientan motivados a participar.

IV.3.4 Preparar artículos de Canje.

Seleccionar los productos de canje que mejor se adapten al perfil de nuestra población y hacer una proyección de las cantidades de los productos que se espera mover, es el siguiente paso antes de preparar el inventario de los artículos de canje que serán ofrecidos en el stand. La importancia de este punto reside en que los productos de canje son nuestra propuesta de valor para que las personas recuperen una parte del valor que les conceden a sus aparatos.

De preferencia los productos que se ofrecen deben cumplir con las siguientes condiciones de ser reciclables o reciclados, para continuar con la línea verde del proyecto.

IV.3.5 Colocar el stand.

El stand es la tarjeta de presentación, el primer pensamiento que buscamos que las personas tengan cuando nos vean son todos los RE que tienen arrumbados en sus casas. Todos los elementos colocados dentro del stand y su disposición deben crear una atmósfera que capture a las personas, las sensibilice y las motive a participar en el cuidado de su planeta.

Los materiales que se ocupen deben de ser reutilizables o reciclables para tener congruencia con el carácter ecológico del proyecto. Como la ubicación del stand fue autorizada por los responsables del lugar, es importante ser cuidadoso en respetar todas las disposiciones dictadas, ya que sentará un antecedente y dejará las puertas abiertas para futuras jornadas.

IV.3.6 Recepción de los RE

De inicio buscamos una identidad para el proyecto, para poder presentarlo formalmente ante las autoridades correspondientes y para lograr el sentido de pertenencia y exclusividad en el usuario, quien identificará a la instancia que lo recompensa por el hecho de entregar los RE. Se nombró a nuestro proyecto Viejos Aparatos Eléctricos³⁸ (VAE³⁸ por sus siglas en español) que designa exactamente el tipo de aparatos que estamos buscando

recolectar, además de la condición de que son viejos y las personas hacen la relación de esta palabra con aparatos que ya no sirven, que ya no usan, o bien que ya son obsoletos en la actualidad. Se ideó un slogan para promoverlo y se buscó que plasmará el espíritu del proyecto:

“Ya no lo usas, te damos un buen motivo para decirle VAE”³⁸

Fue necesaria la participación de un equipo creativo para diseñar la imagen de VAE; formado con personas especialistas en la materia, de la carrera de Diseño Gráfico y Comunicación Visual de la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM. Quienes lograron plasmar el concepto magistralmente en una imagen⁴³, completando así la identidad del proyecto.



Figura 10. Logotipo de VAE. (Ver Nota 38).

Nuestra propuesta de valor para los dueños de los AEE que les permite recuperar el valor residual que esperan, inicia el proceso de operación de VAE, ver Figura 11. Estos son todos los artículos de canje seleccionados en un punto anterior, y que han sido pensados específicamente para la población a la que vamos a atender. En un principio se buscó no solo plasmar la imagen de VAE, sino de la UNAM en los artículos exclusivos del programa, para aumentar el interés sobre ellos, pero debido a cuestiones legales y de licenciamiento, lamentablemente esto no fue posible.

⁴³ Registro en trámite

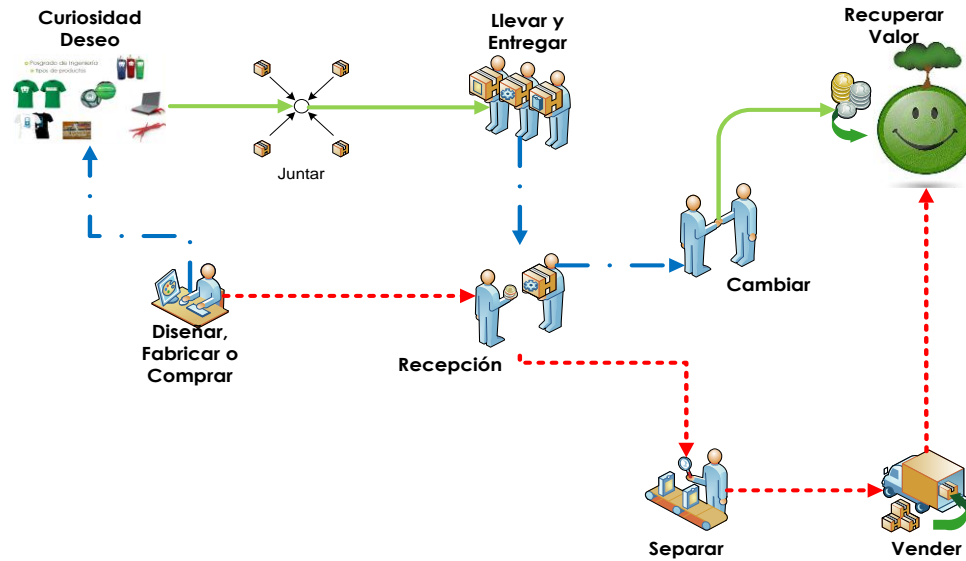


Figura 11. Proceso VAE

La mecánica de cambio se basa en una tarjeta, con tres niveles, que representan el número de aparatos que una persona entrega. Está basada en que una persona en México tiene en promedio 1.6 [Kg] de RE⁴⁴, la tarjeta completa representa 2.5 [kg]. Así la imagen de un aparato corresponde a 100[gr], la que tiene 2 aparatos corresponde a 200 [gr]. Y la de 3 a 300 [gr] como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Tarjeta VAE

⁴⁴ Román. *Diagnóstico sobre la generación de basura tecnológica en México* (2007).



Cuando una persona llega con el primer aparato se firma el cuadro del nivel 1, aquí es importante señalar que un aparato representa un celular, un cargador, o algo similar en tamaño. Si el aparato es más grande se cuenta por 3, 4 o hasta 5 aparatos, lo que permite avanzar más rápidamente. Este nivel es el más fácil y reconoce que la persona ya forma parte de VAE. Se le toman sus datos y se capturan en la plataforma VAE⁴⁵ que está en internet. La plataforma VAE asigna un número de ID que se anota en la tarjeta VAE, y al igual que la tarjeta VAE, guarda el historial de entregas y además el de canje de productos VAE por folio.

La plataforma sirve además como CRM. Cuando una persona llega por segunda vez, con el número de folio podemos conocer su nombre completo, que días ha ido, y las cosas que ha canjeado. Esto es muy importante, porque VAE busca tener una relación con las personas envolviéndoles en toda una experiencia al entregar sus RE. Al final de cada entrega se utiliza una frase para reforzar el sentido de bienestar al ayudar al planeta.

“Gracias por darle un respiro al planeta”

Cada nivel representa mayores beneficios, ya hemos comentado que el primer nivel es de reconocimiento por formar parte de VAE, aquí además de la tarjeta VAE se obsequia una pluma o una pulsera, la elección es del participante.

Para el nivel 2, las personas ya pueden canjear cualquiera de los productos VAE, para adquirir un producto VAE es necesario cubrir una cuota de recuperación que varía según el producto que se desee. Es hasta este nivel y no antes, debido a que el objetivo no es vender cosas, sino promover el reciclado de RE, es decir, para comprar las cosas es necesario tener una tarjeta VAE, nadie que no tenga una tarjeta puede canjear algo; esto refuerza además el sentido de exclusividad que genera formar parte de VAE. Al finalizar el nivel 2 se obsequia al participante unos post-it.

⁴⁵ Por razones de espacio no se muestra.



El nivel 3 es el que reporta mayores beneficios; el primero de ellos, es que se hace un descuento sobre las cuotas de recuperación que hay que pagar por los productos VAE; el segundo de ellos y el más importante, es que por cada tres productos VAE que la persona canjee obtiene un boleto para una rifa que se hace entre las personas que participaron en la misma jornada de recolección, y solo ellos pueden participar.

Tabla 16. Beneficios de los niveles de la Tarjeta VAE

Nivel	Equivalencia	Beneficios
1	1 aparato	Tarjeta VAE Pluma o pulsera de regalo
2	2 - 13 aparatos	Canjear cualquier artículo VAE Post-it de regalo al terminar el nivel Descuento sobre cuotas de recuperación
3	14 - 25 aparatos	Por cada tres productos VAE se obtiene un boleto para la rifa

Fuente: Elaboración Propia

IV.3.7 Transporte al almacén primario.

VAE trabaja bajo la forma de un proceso de logística inversa por ello es necesario pensar en todos los aspectos en que esto impacta y de los que discutimos en el punto III.2.

Un problema que presenta la logística inversa es la posible inexistencia de los empaques, y dado que las formas de los RE no son uniformes, de hecho el diseño de algunos presenta formas estilizadas, será necesario normalizar la unidad de carga para el transporte, que ha sido resuelto por los demás con cajas de cartón, entonces es necesario considerar esto dentro de los gastos. Los equipos grandes: PC's Impresoras, scanner, etc. Es mejor apilarlos en la unidad de transporte.

Desde el inicio debe pensarse en el recorrido que habrá que seguir para transportar los RE desde el stand hasta la unidad de transporte, como se menciona en el primer punto es necesario ponerse de acuerdo con las autoridades desde el principio para evitar grandes recorridos.

IV.3.8 Separación y conteo por tipo de RE.

La separación de los RE que se hace en el almacén responde a dos necesidades. La primera de ellas es poder contabilizar y separar los RE por tipo para preparar un reporte que se vaciara en la base de datos, ya que en ocasiones no es posible realizar esta actividad en el stand por la cantidad de gente que se tiene que atender en poco tiempo. La segunda es obtener el peso de todos los RE que se recolectaron para poder negociar con la empresa que se hará cargo del tratamiento.

Se proponen las siguientes categorías:

1. Computo: Monitores, CPU, Teclados, Laptop;
2. Impresoras y scanner;
3. Telefonía celular;
4. Videograbadoras, DVD, equipos de sonido;
5. Cables y Cargadores;
6. Electrodomésticos;
7. Otros.

Esta separación también es útil para identificar aparatos que aún funcionen y que pueden ser manejados a través de otros canales, no necesariamente el reciclado.

IV.3.9 Creación de Reporte y Base de Datos.

Este reporte sirve para documentar el desempeño de cada stand. La cantidad de RE recolectados se desglosa no solo por tipo, sino por marca y modelo. El estado de los aparatos es irrelevante, a menos que se identifique que aun funciona. La base de datos que se va generando puede servir para generar información que algún tercero necesite.

También debe contener todos los datos de identificación del stand: fechas, responsables y contactos, personal que atendió el stand y una lista de los productos canjeados. Como el manejo de la información de los usuarios se hace en la plataforma VAE, solo se indican los números de folio que fueron dados de alta. Si se realizaron encuestas a los usuarios, se

deben presentar los resultados de la misma, así como los comentarios, recomendaciones y sugerencias que se consideren importantes. Un resumen del reporte puede ser enviado a las autoridades correspondientes para informar de los resultados de la jornada.

IV.3.10 *Envío a tratamiento.*

Son pocas las empresas de reciclado que tienen un tratamiento integral, es necesario buscar con esmero aquellas que nos puedan asegurar el mejor tratamiento, quizá la empresa que seleccionemos no podrá reciclar el 100% de los RE, sin embargo, la ética con la que trabaje debe alcanzar para no aventar los restos a los RSU.

El apoyo de las instituciones toma otro nivel de importancia cuando nos ofrecen credenciales para negociar con las empresas de reciclado. En este punto es donde la frontera de nuestro sistema invade las responsabilidades de las autoridades a los tres niveles de gobierno en el país. Para este estudio, solo una empresa nos ofreció una explicación de que hacían ellos con los RE, como cuidaban al medio ambiente en sus procesos y los costos que ellos debían cubrir, dentro de los cuales identifican a la recolección como uno de ellos.

Las empresas de reciclado toman en cuenta, no sólo el volumen y peso de los RE, si nos las condiciones en que están. Si bien el funcionamiento no es importante, hacen una valoración de las condiciones en que están los aparatos, cualidades como estado general; que no presente roturas o que no estén abiertos y les falten componentes, el término que ocupan es *canibaleado*; y la mezcla de aparatos. Los monitores e impresoras no son bien recibidos; los primeros porque todos los componentes están contaminados con fósforo y algunos gases de plomo y los segundos porque son en su mayoría plástico que no tiene un alto valor económico, además de que por lo general les faltan componentes si llegaron a pasar por las manos de algún curioso que ve en los sistemas de tracción algún valor.

Un dato que se tiene que tener en mente, es si ellos recogen los aparatos en el lugar que sea indicado. Si la empresa compra los RE, encontramos que según las condiciones anteriores, se ofrece una cantidad que varía desde \$1.75 hasta los \$4.00 MXP por kilogramo de RE.

Propuesta del Proceso de Recolección

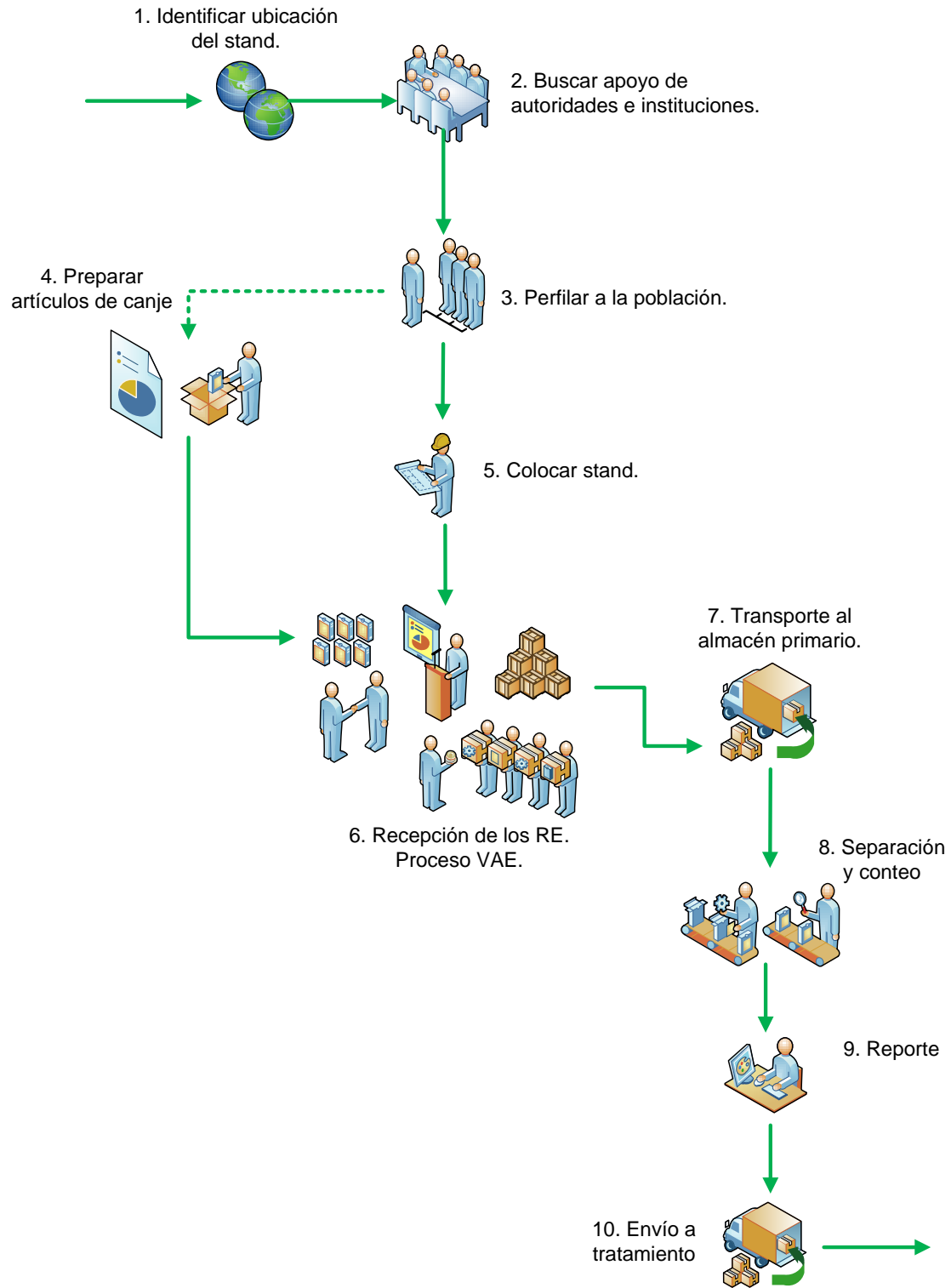


Figura 13. Propuesta del Proceso de Recolección.



V COMPARAR MODELO CONTRA LA REALIDAD (CASO DE ESTUDIO)

V.1 Encuesta

Para conducir el estudio se decidió investigar sobre las opiniones y experiencias al respecto de los estudiantes del programa de maestría en sistemas. Ésta población fue elegida por ciertas facilidades para realizar el estudio. Por un lado se tenía el apoyo de los coordinadores de los programas, quienes nos ayudaron a hacer difusión de la encuesta a través de su base de datos y promovieron la participación de los estudiantes. Por otro lado al ser una población pequeña podríamos perfilarla fácilmente. Posteriormente, gracias al interés de un grupo de alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial se pudo implementar también en la Facultad de Ingeniería, lo cual nos permitió obtener más datos para analizar y una serie de conclusiones que se presentan posteriormente.

Se lanzó una encuesta, y para ello se eligió una plataforma de internet, especializada en el diseño de encuestas, recopilación de respuestas y análisis de los resultados, llamada SurveyMonkey⁴⁶. Ofrece un perfil básico gratuito, con la oportunidad de hacer una

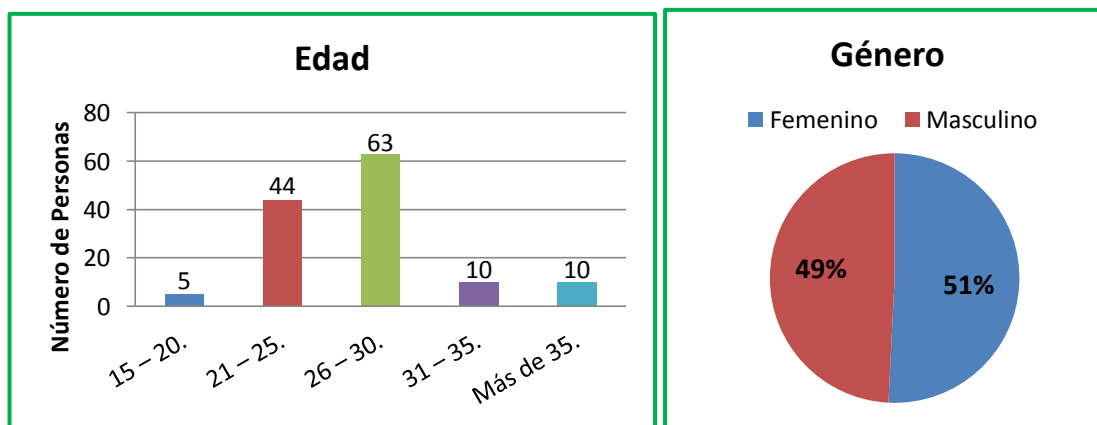
⁴⁶ SurveyMonkey. Página oficial. Disponible en: <http://es.surveymonkey.net>

encuesta de hasta 10 preguntas y recabar hasta 100 encuestas contestadas. Lo cual se ajustaba perfectamente a nuestras necesidades.

La encuesta fue lanzada el 21 de Septiembre de 2011 y se recopilaron respuestas hasta el 1 de Octubre de 2011. El resultado superó las expectativas al recibir 132 encuestas contestadas; por lo que se decidió adquirir un perfil plus mensual para poder ver todas las respuestas, además de que se podría utilizar más adelante para realizar una encuesta de retroalimentación al final del proyecto piloto. El costo fue cubierto con la ayuda económica que CONACYT otorga a los estudiantes de maestría en sistemas de la UNAM.

La encuesta fue desarrollada buscando cubrir tres aspectos, el primero de ellos es sobre las características de los encuestados. Se pregunto acerca de la edad y género, con la finalidad de saber si estos son factores que impactan el comportamiento.

Los resultados que se obtuvieron, ver las Gráfica 1 y Gráfica 2, nos muestran claramente a la población de los alumnos, con la mayoría de los encuestados de entre 21 a 30 años, además los dos últimos intervalos, sugieren que contestaron algunos de los profesores, y las 5 personas en el primer intervalo nos darán una idea de que como piensan las personas antes de entrar al posgrado, puesto que por la edad no pueden ser alumnos de la maestría. Los porcentajes en el género nos muestran que los resultados de la encuesta no están sesgados por esta característica.

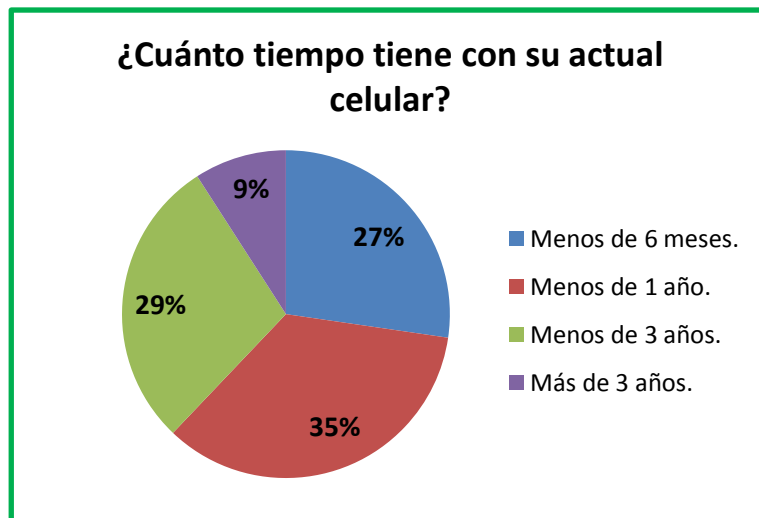


Gráfica 1. Número de personas por intervalo de edades.
Gráfica 2. Porcentaje de hombres vs mujeres.

El segundo aspecto que se considero fue hacer una breve sensibilización sobre la forma en que las personas van generando los RE. Siendo el teléfono celular el AEE que se cambia con mayor frecuencia (ver Tabla 2) fue sobre el que se preguntó. Si consideramos que para el 2007 se tenía un promedio de vida útil de 3 años; y tan solo dos años después, la vida útil se había reducido a 2 años; siguiendo esa velocidad podríamos pensar que nuevamente dos años después, ahora en 2011 tienen en promedio 1 año de vida útil. Por lo que resultaba interesante conocer su frecuencia de cambio en nuestra población objetivo.



Gráfica 3. ¿Cuántos teléfonos celulares han tenido las personas?



Gráfica 4. ¿Hace cuánto cambio de celular?

Si bien la historia de la telefonía celular en México inicia en 1989 cuando la compañía Iusacell empezó a ofrecer el servicio en la capital del país, el verdadero auge empezó en

1999 cuando la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones) presento la iniciativa “El que llama paga” que fue implementa en tan solo un año, con lo que se elevaron el número de líneas de 8 millones a 14 millones⁴⁷. Si tomamos el año 2000 como base, y la media aritmética del número de celulares por persona de la Gráfica 3, podemos calcular los tiempos de vida promedio.

Tabla 17. Vida promedio de los teléfonos celulares calculadas

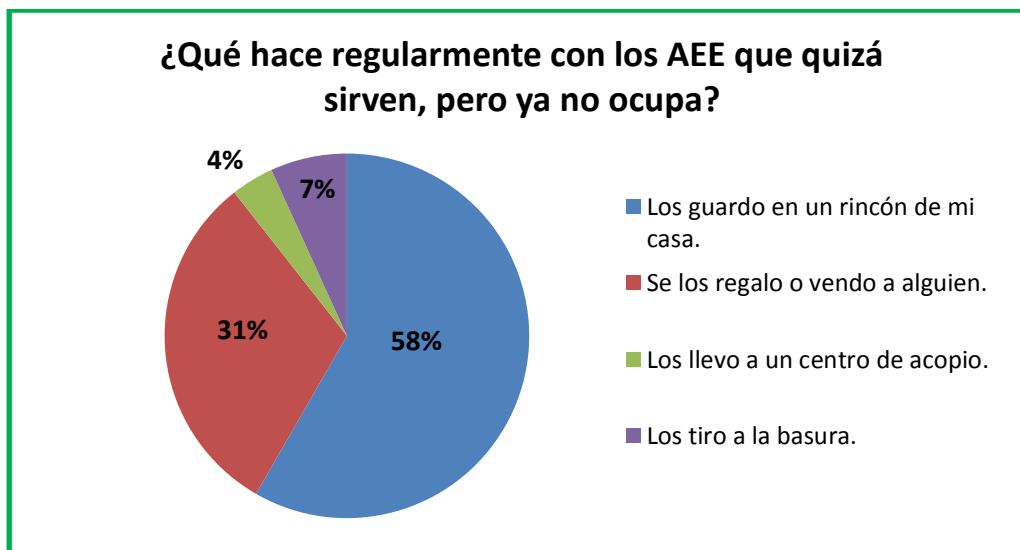
Media del número de celulares	Vida promedio [años]
1.5	7.3
3.5	3.1
5	2.2

Fuente: Elaboración Propia

De lo cual podemos ver en la Gráfica 3 que nuestra población en su mayoría (88%) está dentro del promedio reportado en la literatura, en un intervalo de 2 a 3 años. Las personas que reportaron haber tenido uno o dos celulares están dentro de los intervalos de mayor edad, de 31 o más años, de manera que aquí empieza a ser determinante la edad de la población.

El último aspecto que fue considerado es la forma cómo actúan las personas cuando un AEE pasa a ser un RE, ya sea por descomposición u obsolescencia. Se preguntó a las personas que hacían cuando dejaban de utilizar un AEE, las respuestas que nos dieron pueden ser clasificadas en cuatro grandes rubros que se muestran en la Gráfica 5.

⁴⁷ Martínez, Evelio. *Telefonía Celular: 15 años de historia en México*. Revista RED, México BC (Febrero 2005) Disponible en: <http://www.red.com.mx> [verificado 17/11/11].



Gráfica 5. Disposición final de los AEE cuando se convierten en RE

Como podemos observar en la Gráfica 5, cerca del 60% de las personas almacenan los RE en sus casas, de manera que la siguiente pregunta fue porque motivo no se deshacían de ellas, sino ya no las utilizaban de ninguna manera. Nuevamente las respuestas pueden ser ordenadas en 4 rubros que se muestran, junto a su peso porcentual, en la Tabla 18.

Tabla 18. Razones principales por las que las personas no se deshacen de los RE

Motivos	Porcentaje de Respuesta	Número de Respuestas
Le tengo mucho cariño.	6.1%	8
No sé a dónde llevarlo.	44.7%	59
Me gustaría que alguien me diera algo por él.	27.3%	36
No tengo tiempo de llevarlo a algún lado.	22.0%	29
Total de respuestas		132

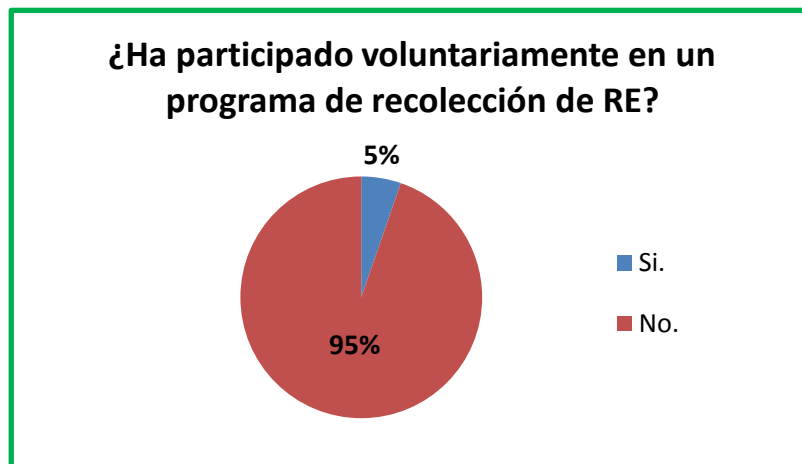
Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 18 resulta de mucho interés para este estudio, porque presenta las razones explícitas del porque la participación de nuestra población muestra en programas de recolección es muy baja; y si extrapolamos a nivel nacional nos da una idea de cómo podríamos explicar porque solo se recicla del 10 al 20%, sin importar si se trata del porcentaje que está en poder de los particulares, recordemos que es el 52%, o del de las

empresas, 48%, puesto que las empresas están formadas por personas, y algunos de los estudiantes del posgrado, así como los profesores trabajan en ellas.

Ahora bien podemos ver que la causa principal es que no saben a dónde llevar las cosas, esto se debe a una promoción ineficiente de las distintas opciones que hay para disponer de los RE, como son: programas gubernamentales, empresas privadas o asociaciones civiles. No podemos hablar de que en nuestra población no hay conciencia del peligro que estos aparatos implican, porque de ser así el rubro de tirarlo a la basura sería por mucho el de mayor peso porcentual, aunque es muy probable que esa conciencia sea intuitiva y no tenga un sustento científico ampliamente entendido.

A pesar de la existencia de las empresas de reciclado, no existe una promoción adecuada de sus servicios, ni de los beneficios que ofrecen a la sociedad en general, esto queda demostrado por el bajo índice de participación de las personas en programas de recolección. El 95% de nuestra muestra declaró nunca haber participado en un programa de recolección de RE.



Gráfica 6. Participación en programas de recolección

De las respuestas que recopilamos con las encuestas encontramos que la población del posgrado está consciente del daño inherente que tienen los RE y además de que están dispuestos a entregarlos, si recuperan algo del valor residual que le conceden a sus equipos, valor asignado aunque el equipo no sirva, y si no tienen que viajar grandes distancias para entregarlos.

Tabla 19. Disposición a entregar los RE a cambio de algo.

¿Aceptaría canjear sus RE por algo útil para usted?	Porcentaje de Respuesta	Número de Respuestas
No, porque los quiero mucho.	0.8%	1
¿Cambiar algo que no ocupo por algo nuevo?	70.5%	93
¡Claro! ¿A dónde?		
Quizá, pero solo sí es a un lugar cercano.	28.8%	38
Total de respuestas		132

Fuente: Elaboración propia

Desde que existe el hombre ha generado desperdicios, por el simple hecho de ser un consumidor de todo tipo de bienes, sin embargo, el alejamiento progresivo del hombre del medio natural, hace que se vea como un ser independiente al entorno. Factores como el rápido crecimiento demográfico, la concentración de la población en núcleos urbanos, el aumento del nivel de vida y del consumo, con la progresiva utilización de bienes manufacturados de rápido envejecimiento y de envases y embalajes sin retorno, explican la generalización y la extensión de este problema.

V.2 Información de los Stands.

Para nuestro programa piloto la recepción de los RE se hizo en dos ubicaciones distintas, en fechas distintas. Se ocuparon varios medios publicitarios: carteles, redes sociales, inclusive para el segundo se tuvo la oportunidad de promocionar en la estación 860 de AM en el programa “Ingeniería en Marcha”.

Tabla 20. Información de los Stands

	Stand 1	Stand 2
Entidad	Posgrado Ingeniería	Facultad de Ingeniería
Lugar	Edificio Bernardo Quintana	Edificio Principal
Ubicación	Vestíbulo de la Entrada Principal	Vestíbulo de la Entrada Principal
Autoridad	Dr. Vicente Borja Ramírez	Lic. Miguel Figueroa Bustos
Fecha	10 - 21 de Octubre 2011	8 - 11 de Noviembre 2011
Horario	9 am - 5 pm	9 am - 3 am

Fuente: Elaboración Propia



Figura 14. Izq. Stand en Posgrado de Ingeniería. Der. Stand en Facultad de Ingeniería

Para ambos stands se colocaron carteles con información importante sobre los RE, Además se mostraban al público todos los artículos VAE que podían ser canjeados. Los RE recolectados eran apilados al lado del stand, lo cual sirvió también de publicidad sobre el tipo de aparatos que se recibían y al llamar la atención de las personas que circulaban cerca el impacto era mayor.



Figura 15. Izq. Productos VAE, Der. RE apilados cerca del Stand

Cuando la cantidad de RE era considerable, se transportaban al almacén provisional que se implementó en una colonia cercana a Ciudad Universitaria, ya que la unidad de transporte no tenía la capacidad para mover todo lo que se recolectaba por día en un solo viaje.

VI EVALUACIÓN DEL MODELO (RESULTADOS)

Para hacer este análisis tomamos en cuenta una muestra aleatoria de nuestros participantes, de los 203 inscritos, se encuestó a 50. Con estos resultados podemos revisar la aceptación del modelo conceptual, identificar áreas de oportunidad y emitir recomendaciones para continuar con la operación del programa. A continuación se presentan los resultados y su análisis, después de las jornadas de recolección.

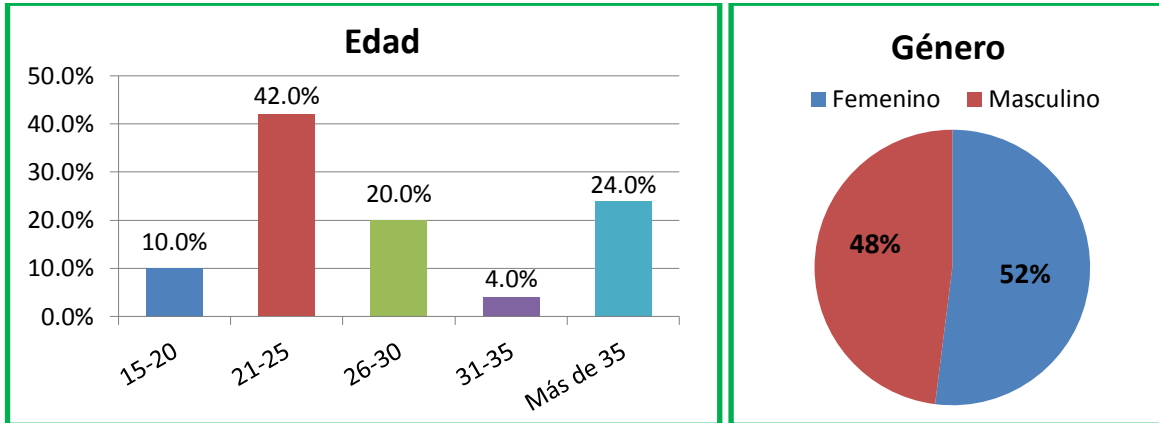
Tabla 21. Información general de los Stands

	Stand 1	Stand 2
Lugar	Posgrado de Ingeniería	Facultad de Ingeniería
Fecha	10 - 21 de Octubre 2011	8 - 11 de Noviembre 2011
Horario	9 am - 5 pm	9 am - 3 am
Participantes Registrados	112	91
Peso total recolectado	1.050 [ton]	0.470 [ton]
Productos VAE Canjeados	345	278
Participantes de Rifa	31	16
Premio rifa	Disco Duro 500 GB	Kit 8 pilas recargables con cargador

Fuente: Elaboración propia

La Gráfica 7 y Gráfica 8 muestran los datos de las personas que participaron en la encuesta, nuevamente en el rango de edades podemos apreciar que entre 21 a 30 años está la mayoría, que son los alumnos del posgrado y la facultad, y notablemente la cantidad de

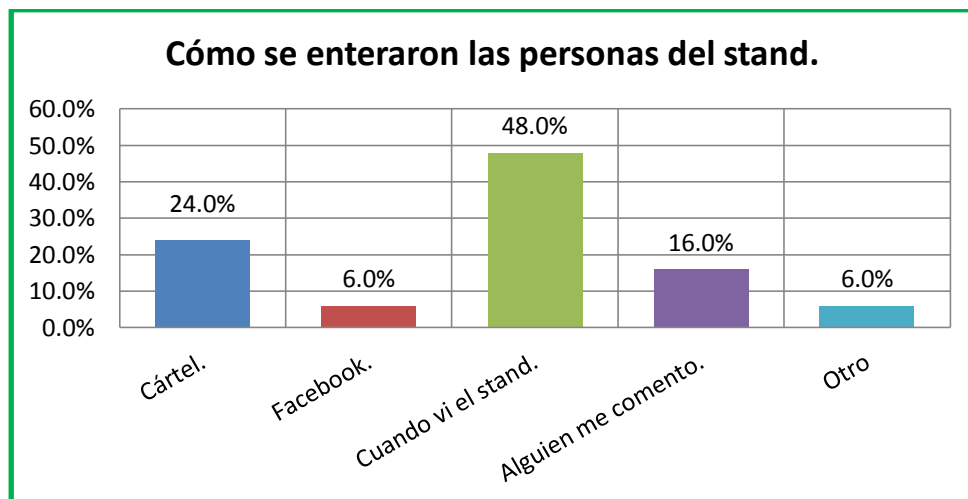
personas mayores de 35 años aumento respecto de la encuesta de entrada, lo que nos habla que los profesores fueron un factor importante. El género no es un factor que vaya a impactar en el análisis dado que la proporción es casi la misma



Gráfica 7. Número de participantes por intervalo de edades.

Gráfica 8. Porcentaje de hombre vs mujeres

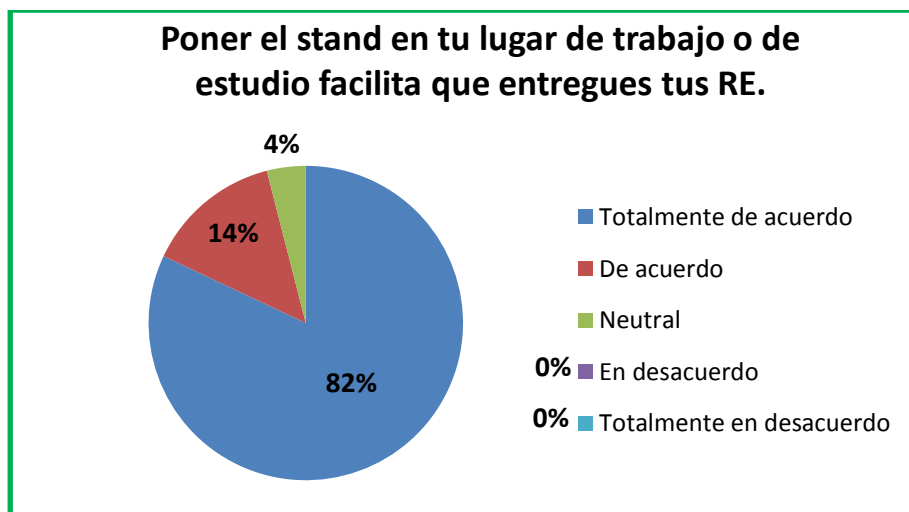
El medio publicitario por el que las personas se enteraron del programa nos ayuda a saber dónde se tiene que hacer un mayor esfuerzo y definir la estrategia publicitaria para posteriores jornadas de recolección. Es importante que mencionar que el esfuerzo realizado en estas emisiones fue con base en unos cuantos carteles, por medio de la red social Facebook, y solo para el segundo stand se contó con el apoyo de publicidad en radio UNAM. De manera que si los resultados con este pequeño esfuerzo son sobresalientes, cuanto más no lo serán si se hacen alianzas estratégicas que logren un mayor impacto.



Gráfica 9. Eficiencia de medios de difusión

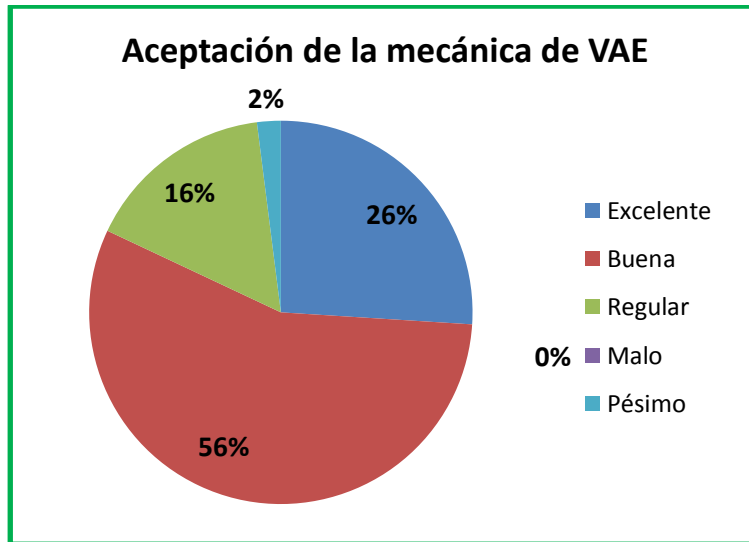
Una de las consideraciones que había que tomar en cuenta, es que el stand se debía acercar a dónde estuvieran las personas, además de ello, en la Gráfica 9 es evidente el impacto de ver el stand físicamente; cerca de la mitad se enteró de VAE cuando lo vio, y podemos ver que el pequeño esfuerzo publicitario con carteles atrajo cerca de la cuarta parte de los participantes.

Los encuestados reconocieron la importancia de la estrategia de la ubicación del stand, como algo que facilita la entrega de sus RE, ninguno rechazó esta proposición. Los resultados para esta pregunta se muestran en la Gráfica 10



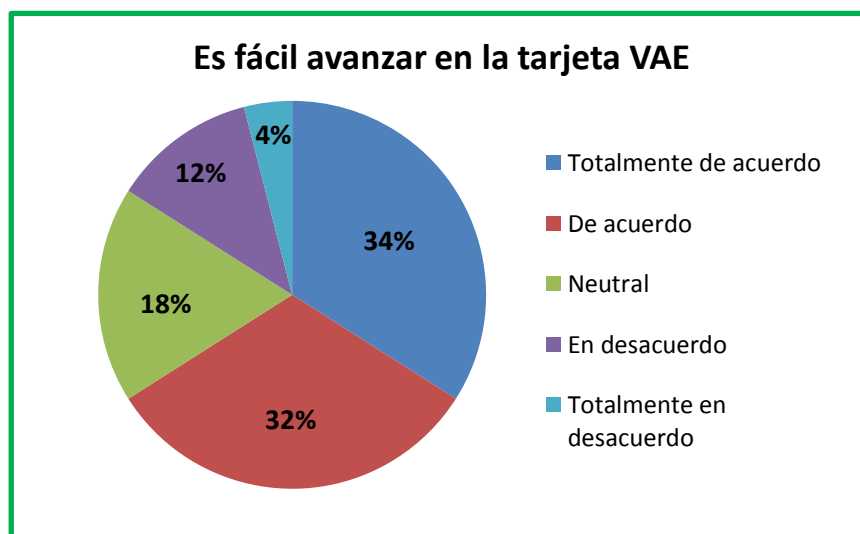
Gráfica 10. Aceptación de la estrategia de lugar.

El segundo aspecto que es necesario evaluar, es la propuesta de valor para canjear los RE, la mecánica tenía que ser atractiva, para que los dueños de los RE estuviesen interesados en participar. En la evaluación resultó que el 76% la calificó entre excelente y buena, y no logramos que 16% de la población notara la ventaja competitiva. Una sola persona, que representa el 2%, no le agradó para nada la mecánica. Esta respuesta debe anularse con una de las mejores, para eliminar el sesgo que producen, lo cual no modifica, en nada, la percepción positiva hacia la mecánica de nuestro programa.



Gráfica 11. Aceptación de la mecánica de VAE

La Tarjeta VAE consideraba la cantidad promedio de RE que tiene una persona en México según Román (2007), en la Tabla 16, se muestran las equivalencias de aparatos que se necesitaban para pasar de nivel a nivel, sin embargo, la facilidad percibida por los participantes para pasar entre niveles está dividida. Sería interesante hacer un estudio más profundo de las condiciones que gobiernan cada opinión, para conocer las características que tienen en común las personas que avanzaron rápidamente, y crear una estrategia para encontrarlos, puesto que son el público más atractivo porque tienen muchos aparatos para entregar.



Gráfica 12. Aceptación de la tarjeta VAE

Con la idea de utilizar el logotipo de la UNAM descartada por las limitaciones legales, el equipo creativo se dio a la tarea de buscar artículos que fuesen reciclados o reciclables y resultaran útiles a nuestro público objetivos. La lista de artículos VAE se conforma de 15 artículos, divididos en 5 grupos:

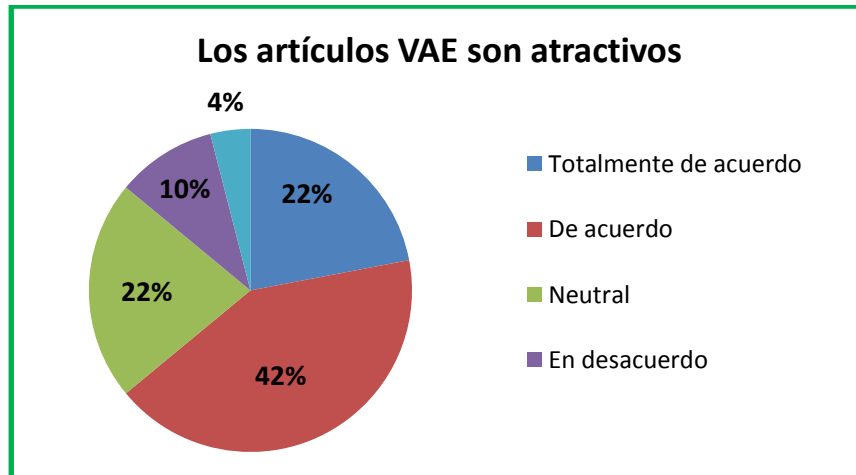
1. Libretas: Hechas cartón reciclado y hojas recicladas, se tenían 3 modelos;
2. Bolígrafos: Se tenían 3 modelos, entre los que destaca la pluma de bambú;
3. Contenedores: Tazas y cilindros para agua, se tenían 3 modelos;
4. Playeras: Se hicieron 5 modelos diferentes;
5. Varios: Pulseras, post-it, folder y pelotita anti-estres

No todos los artículos estuvieron en ambos stands debido a que la población a la que iban dirigidos era diferente, esto es importante resaltarlo, porque los resultados que obtuvimos muestran claramente que los productos se mueven diferente de ubicación a ubicación.

Tabla 22. Lista de productos VAE

Concepto	Modelo	Precio nivel 2	Precio nivel 3	Vendidos Cant.	
				Stand 1	Stand 2
Taza	TR1	\$25	\$20	13	2
Pluma	PGift	\$0	\$0	90	58
Pluma Bamboo	Pbamboo	\$17	\$15	42	26
Libreta 1	Ltierra	\$45	\$40	22	3
Cilindro 1	CBVF	\$45	\$40	21	15
Pulsera	PuGift	\$0	\$0	41	50
Post-it	Post1	\$10	\$8	50	39
Playera	PlayerasS.O	\$65	\$60	23	16
Pelota Anti-estrés	CTS1	\$20	\$15	18	9
Juego Pluma-Lapicero	JPLV	\$15	\$12	25	0
Libreta 2	Lpostit	\$28	\$25	0	15
Libreta 3	Lliga	\$20	\$18	0	9
Cilindro 2	Caga	\$35	\$35	0	5
Folder	Ecofolder	\$15	\$12	0	15

Precios en MXP
Fuente: Elaboración Propia.



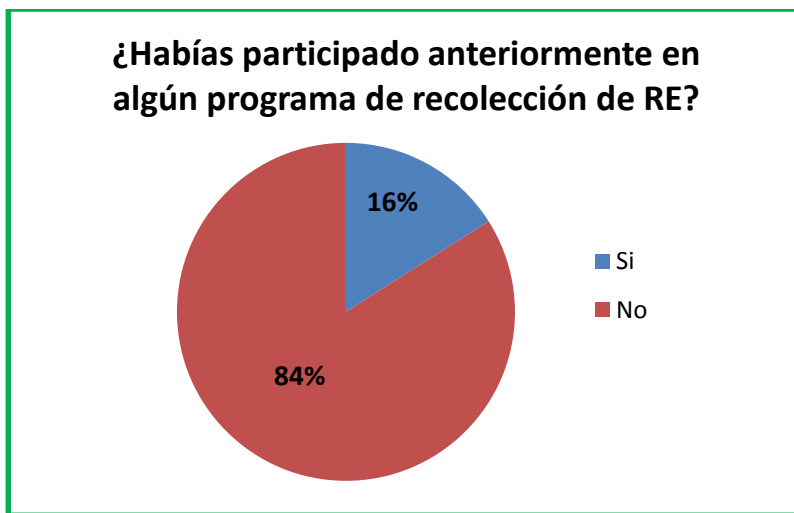
Gráfica 13. Aceptación de los productos VAE

La fraseología desarrollada para el proyecto buscaba reforzar positivamente la acción de entregar los RE, recordemos que buscábamos crear una relación entre las personas y el programa. Al ofrecerles un sentido de exclusividad y pertenencia, y envolver a la persona en toda una experiencia, queríamos que sintiera ganas de regresar por más de una vez. En la evaluación de este rubro, las personas calificaron de excelente a buena la experiencia de asistir al stand, nuevamente una persona contestó que había sido mala, al revisar las respuestas de esa persona, resultó ser la misma que no le había agradado la mecánica; eliminando esta respuesta que es la peor con la mejor, tenemos el 100% de respuestas entre excelente y buena.

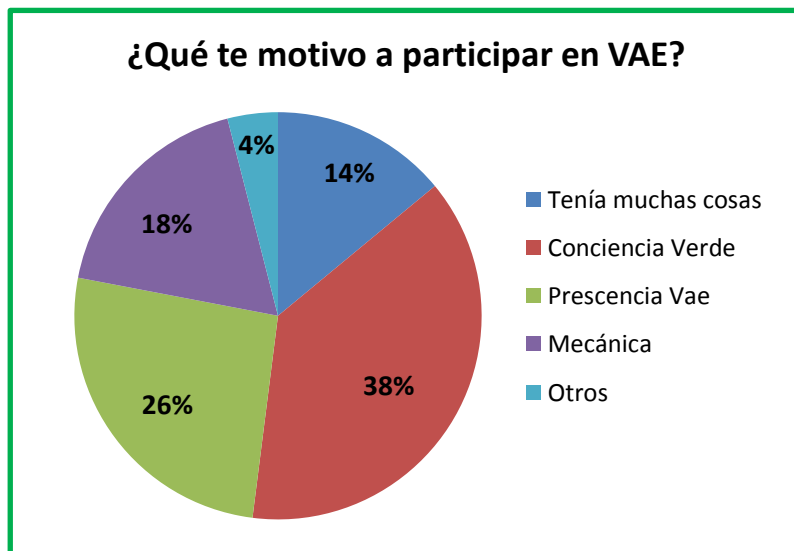


Gráfica 14. Calidad en atención al cliente.

Los resultados que muestra la Gráfica 15 representa la realidad de la situación actual en el país. La empresa Remsa estima que solo es tratado el 11% de todos los RE que se generan anualmente, el estudio del Dr. Román es más optimista y asume se envía a tratamiento entre un 10% a un 20%. Las personas que habían participado anteriormente en un programa de recolección representan el 16% de nuestra muestra, que es muy cercano a lo que se venía manejando. Para decidir si este programa es exitoso o no, y si las estrategias que con las que se hizo definición raíz estuvieron bien planteadas, hay que analizar los resultados de las dos siguientes gráficas.



Gráfica 15. Porcentaje de participaciones anteriores.



Gráfica 16. Concentrado de motivos



Los datos de la Gráfica 15, nos permiten calcular que por cada persona que había participado en un programa de recolección de RE, VAE logro captar a 5 más, incrementando la eficiencia del sistema en un 500%. Los motivos que llevaron a las personas a participar en VAE se agruparon en 5 respuestas, ver Gráfica 16.

Los 3 motivos que más se repitieron son: conciencia verde, ver el stand y la mecánica, juntos representan el 82% de la población. Que son justamente las características que se establecieron para el modelo conceptual, ver Figura 9, que resultó de la definición raíz; planteada por las estrategias que arrojó el análisis FODA de nuestro sistema en cuestión.

VI.1 Evaluación Económica.

Uno de los motivos por los que este tipo de proyectos no son tan atractivos, es que la recolección de los RE es considerada un gasto por las empresas de reciclado, no habiendo en ello una generación de valor, colocan los centros de acopio en lugares cedidos por terceros o por los gobiernos locales, pero volvemos al punto de que están en ubicaciones lejanas, no hay nadie en esos puntos y recogen semanal o mensualmente lo que haya.

Se requiere un volumen grande de RE para que las empresas estén interesadas en recogerlos en el lugar que las personas especifiquen, la oferta menor que encontramos en nuestra investigación fue de 300 [kg], y pocas personas tienen un volumen tan grande. Esto es porque su principal cliente son empresas u organizaciones que si mueven esos volúmenes. Lo que podemos entender aquí, es que esta operación no es core business y no han diseñado un modelo que les reporte utilidades. VAE ha encontrado una forma de empezar a romper con este paradigma.

Para hacer esta evaluación la metodología nos pide que revisemos la viabilidad, sin embargo, con dos stands exitosos ha quedado comprobada. Lo que resulta interesante es hablar de la sustentabilidad económica del proyecto, es por ello que realizaremos un informe financiero; con los datos que se obtuvieron de los dos stands calcularemos el costo de ventas, el estado financiero y la hoja de balance, tomando el stand del posgrado como el

inicial y el de la facultad como el final, así podremos hacer comparaciones y saber cuál sería la tendencia económica del proyecto.

Para calcular el costo de ventas, primero necesitamos saber cuenta materia prima compramos, todas, las cantidades iniciales son cero, porque no había nada antes de esto. El costo total de los productos VAE se presenta en la tabla a continuación, fue necesario desglosar el costo para considerar la mano de obra, que en nuestro caso fue todo el trabajo de serigrafía que se realizó para plasmar la imagen de VAE en los productos VAE. Los costos de los productos variaron por el volumen de compra y además hubo cambios de proveedores, los que se muestran en la Tabla 23 son los correspondientes al segundo stand. El inventario final del stand 1 se calculó con los primeros costos que no se muestran.

Tabla 23. Costo Unitario de Productos VAE

Producto	CTU	Producto	CTU
TR1	\$11.12	PlayerasS.O	\$41.20
PGift	\$2.97	CTS1	\$8.83
Pbamboo	\$12.50	JPLV	\$10.50
Ltierra	\$35.53	Lpostit	\$15.50
CBVF	\$35.65	Lliga	\$14.50
PuGift	\$2.00	Caga	\$28.50
Post1	\$4.85	Ecofolder	\$9.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24. Inventario Final, Stand 1

Modelo	Cant. Inicial	Cant. Fabricada	PTfin	
			Cant Fin.	CT
TR1	0	36	23	\$ 255.76
PGift	0	100	10	\$ 31.30
Pbamboo	0	50	8	\$ 92.00
Ltierra	0	25	3	\$ 106.59
CBVF	0	25	4	\$ 134.16
PuGift	0	100	59	\$ 118.00
Post1	0	50	0	\$ -
PlayerasS.O	0	50	27	\$ 1,112.40
CTS1	0	30	12	\$ 105.96
JPLV	0	25	0	\$ -

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. Inventario Final, Stand 2

Modelo	Cant. Inicial	Cant. Fabricada	PTfin	
			Cant Fin.	CT
TR1	23	0	11	\$ 122.32
PGift	10	100	52	\$ 154.44
Pbamboo	8	48	30	\$ 375.00
Ltierra	3	0	0	\$ -
CBVF	4	15	4	\$ 142.60
PuGift	59	0	9	\$ 18.00
Post1	0	75	36	\$ 174.60
PlayerasS.O	27	0	11	\$ 453.20
CTS1	12	0	3	\$ 26.49
Lpostit	0	15	0	\$ -
Lliga	0	25	10	\$ 145.00
Caga	0	10	5	\$ 142.50
Ecofolder	0	15	0	\$ -

Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos podemos calcular el costo de ventas que se muestra en la Tabla 26. Todas las cantidades marcadas en rojo implican que se tienen que restar.

Tabla 26. Costo de Ventas

	Stand 1	Stand 2
Materias primas		
Inventario Inicial	\$ -	\$ -
Materias primas compradas	\$ 5,870.25	\$ 2,662.00
Inventario Final	\$ -	\$ -
Total	\$ 5,870.25	\$ 2,662.00
Mano de obra	\$ 183.00	\$ 144.00
Gastos Indirectos de fabricación	\$ 281.26	\$ -
Costos de Fabricación	\$ 6,334.51	\$ 2,806.00
WIP inicial	\$ -	\$ -
WIP final	\$ -	\$ -
Costos de Producción	\$ 6,334.51	\$ 2,806.00
PT inicial	\$ -	\$ 1,956.17
PT final	\$ 1,956.17	\$ 1,466.65
Costos de Ventas	\$ 4,378.34	\$ 3,295.52

Fuente: Elaboración Propia



El costo de ventas se redujo sensiblemente para el Stand 2; uno de los motivos es la disminución en el valor del inventario de producto terminado (PT), logramos disminuir cerca de \$500 MXP. La dificultad a la que nos enfrentamos en el stand 1 es que no se tenía forma de hacer un pronóstico de ventas para optimizar el cálculo de la materia prima comprada. Para el segundo stand, ya contábamos con el histórico, de manera que el volumen de materias primas se pudo controlar mejor. En ningún caso se dejó trabajo en proceso (WIP).

También impacto en ello que los gastos indirectos de fabricación, que contienen todas las sustancias para el proceso de serigrafía, se decidió amortizar completamente en el primer stand, porque la cantidad de ellas que se utiliza es mínima y es complicado cuantificarla.

Con las ventas netas y el costo de ventas se puede empezar a armar el Estado de Resultados, que se muestra para ambos stands en la Tabla 27.

Tabla 27. Estado de Resultados

	Stand 1	Stand 2
Ventas netas	\$ 4,357.25	\$ 7,755.50
Costo de Ventas	\$ 4,378.34	\$ 3,295.52
Utilidad Bruta	-\$ 21.09	\$ 4,459.98
G. Admin.	\$ 502.00	\$ 462.00
G. Ventas	\$ 1,180.00	\$ -
G. I+D	\$ 3,000.00	\$ -
Total de Gastos	\$ 4,682.00	\$ 462.00
Utilidad Operativa	-\$ 4,703.09	\$ 3,997.98
Otros Gastos	\$ 1,125.00	\$ 600.00
Otros Ingresos	\$ 100.00	\$ 1,750.00
Total de Otros Gastos e Ingresos	-\$ 1,025.00	\$ 1,150.00
Gastos Financieros	\$ -	-\$ 4,400.00
Utilidad antes de Impuestos	-\$ 5,728.09	\$ 747.98
Impuestos a Utilidad	\$ -	\$ -
Utilidad Neta	-\$ 5,728.09	\$ 747.98

Fuente: Elaboración propia



El efecto de las consideraciones tomadas para el costo de ventas, se nota en el cálculo de la utilidad bruta en el stand 1, donde empezamos con una pérdida de \$21.09 MXP. Los datos más representativos mostrados en el Estado de Resultados, son el costo de ventas que nuevamente se amortizo en el stand 1, y es que incluye todos los gastos para la infraestructura del stand, pues se ocuparon los mismos elementos en el stand 2, de manera que no hizo falta hacer ese gasto repetidamente.

El gasto de investigación de \$3000 MXP se refiere a la plataforma VAE, cuyo pago se tuvo que hacer en una exhibición, antes de arrancar el primer stand. El renglón de otros gastos incluye el costo de los premios de la rifa; y el de ingresos, la venta de algunos aparatos y un financiamiento que se recibió. Al final del stand 2 se cubrieron los préstamos y se anotaron como dentro del rubro gastos financieros. Al final, podemos observar que para el stand 2, ya hubo una utilidad que reportar.

VII RECOMENDACIONES.

Esta sección ha sido pensada con el fin de recopilar todos los aspectos y elementos clave de los sistemas relevantes, que fueron identificados durante la investigación y el desarrollo de la prueba piloto, que es necesario considerar si se intenta emular un programa de recolección como VAE. Pretender establecer una guía de referencia para proyectos futuros. A continuación se explica cada uno de ellos

VII.1 *Edad*

El comportamiento del público objetivo con el que se pretenda trabajar parece tener una correlación con este aspecto. Las experiencias obtenidas indican que a mayor edad la participación no es motivada por la mecánica, sino por el afán de deshacerse de los RE de una forma correcta.

Conforme la edad de los participantes era mayor, el interés por los productos de canje disminuía. En el posgrado de ingeniería, donde los profesores fueron un grupo muy activo, el comentario generalizado era: no es por lo que me den, sino porque es una buena oportunidad de deshacerse correctamente de las cosas. Mientras que en la facultad donde el público tenía menor edad, los productos de canje eran el principal motor para llevar algo, lo cual podemos observar en el número promedio de artículos canjeados por día; para el stand 1, fue de 34.5; mientras que para el stand 2, fue de 69.5, que podemos comparar ya que el número de participantes registrados en cada uno es muy semejante.



Originalmente el programa se pensó para los alumnos del posgrado, y los productos VAE se basaron en este público objetivo, sin embargo, los profesores fueron un grupo muy activo en esta actividad, siendo la edad un aspecto muy importante a considerar.

En esta misma línea, REMSA que pone sus stands en parques, junta grandes volúmenes, aún y cuando en sus horarios solo pueden asistir personas que no trabajan, por lo que, podríamos pensar que las personas que llevan los RE son personas mayores.

VII.2 *Propuesta de valor*

Conocer los gustos y preferencias o aquello con lo que se identifica el público objetivo asegura el éxito del programa. Desde el punto de vista de un modelo de negocio, tenemos una necesidad, que es la de deshacerse de los RE y recibir algo a cambio en lugar de seguir acumulándolos, además del sentimiento de bienestar que da contribuir en el cuidado del planeta, y la propuesta de valor debe satisfacer ambas cosas.

Saber el tipo de personas al que expondremos el programa; edad, grado de estudios, poder adquisitivo, intereses y hobbies, son una guía del tipo de productos de canje que tenemos que llevar hasta ellos. En el caso del programa piloto, no todos los artículos estuvieron en ambos stands debido a que la población a la que iban dirigidos era diferente, las personas que asisten al posgrado son diferentes a las que asisten a la facultad, y si cambiáramos de locación tendríamos que analizar al nuevo tipo de personas que encontraríamos ahí.

VII.3 *Difusión.*

Este rubro depende directamente de los apoyos y alianzas estratégicas que el programa pueda conseguir. La estrategia de colocar el stand en los lugares en donde las personas tienen sus actividades diarias, fue un factor determinante, ya que la mayoría de nuestros participantes se enteró de las jornadas de recolección cuando veía el stand. Un punto importante aquí es el colocar cierto número de los RE recibidos cerca del stand, sin que den mal aspecto, pero el tenerlos ahí despierta la curiosidad en las personas.



Si consideramos que el grueso volumen que se recolectó fue gracias a dos medios de publicidad. El primero es el stand; es un elemento poderoso y su importancia se identificó desde el modelo conceptual, casi el 50% participó por ver el stand, la mitad del volumen recolectado es aproximadamente 750 [kg], que se recolectaron por este medio, es decir, cada stand reportó aproximadamente 375 [kg]. El otro medio fueron los carteles; con el 25% de la recolección, unos 375 [kg] por 20 carteles pegados, cada uno represento aproximadamente 19 [kg]. ¿Cuánto más se recolectaría al hacer una campaña publicitaria en forma?

VII.4 Marketing y Atención al cliente.

VAE proponía rodear a cada persona que pasará por el stand en una atmósfera de cooperación con el ambiente; desde el diseño de la imagen, hasta la fraseología diseñada para reforzar positivamente la acción de colaborar en el cuidado del ambiente, lo que se buscaba es que las personas regresaran llevando algo y comunicando el esfuerzo que se estaba haciendo. Es importante que el personal que atiende a las personas, este muy bien informado, ya que al ser un asunto donde la falta de información es el común denominador, las preguntas por contestar son desde la más básica: ¿Qué es un RE?, hasta las más complicadas y especializadas: ¿Qué son y cómo afectan los retardadores de flama que contienen los RE? La seguridad de las respuestas crea confianza en el programa.

VII.5 Almacenamiento y Transporte.

Antes de empezar la jornada es necesario determinar cual será el canal de tratamiento por el que se moverán los RE recolectados. En nuestra experiencia desde el primer día de recolección el volumen es considerable, si se hizo un esfuerzo de difusión con anterioridad, por ello la unidad de transporte debe tener gran capacidad. Encontramos que había personas que tenían mucho más que los 2.5 Kg de RE que permitía la tarjeta.

La recolección de RE es un ejemplo muy claro de los retos que implica la logística inversa, el mayor problema son las condiciones en que son entregados, ya que no hay un embalaje estándar, pueden venir desde en bolsas, cajas, o lo pueden traer en las manos y dejarlo

sobre el stand, además las geometrías de los AEE suelen ser complejas y asimétricas, todo esto complica su transporte y almacenaje.

VII.6 *Ubicación*

Ya mencionamos que los participantes en la encuesta de evaluación reconocieron la importancia de la estrategia de la ubicación del stand, como algo que facilita la entrega de sus RE. Ahora bien, también hemos reconocido que la capacidad de la tarjeta VAE, que consideraba 2.5 [kg] por persona, fue ampliamente superada en algunos casos. El peso de los RE que las personas pueden llevar es muy variado, es por ello, que es importante considerar una ubicación del stand. La estrategia de estar donde las personas están facilita que muevan las cosas en su automóvil, por lo que, pueden llevar varios equipos grandes; en el caso de un monitor, el peso promedio es de 11 [kg]; y el de un CPU es de 6 [kg], por lo que llevar una PC representa al menos 17 [kg] por ello la distancia que se recorre hasta el stand no debe ser grande. Además al final del día se tienen que poner todas las cosas en la unidad de transporte, y si estamos lejos será muy latoso estar cargando las cosas.

VII.7 *Obstáculos de Crecimiento*

Existen muchos obstáculos que vencer para que el programa alcance una escala masiva, principalmente hablaremos de dos.

El primero de ellos es la educación de la población en general al respecto de los RE; si pensáramos en su implementación en una ciudad, donde la penetración de la tecnología es alta, quizá podríamos vencer rápidamente el apego hacia los aparatos ofreciendo algo con lo que las personas se sientan muy identificados, pero como dijimos en la sección de propuesta de valor, esto cambia de sector en sector y la dificultad reside en estudiar cada uno para lograr igualar el valor que las personas le siguen asignando a sus RE.

Si decidimos no ofrecer nada por ellos, la realidad es que apelamos a la conciencia verde de las personas, y todo parece indicar que en nuestro país esto se termina rápidamente. Ha habido intentos por parte de algunas compañías de ofrecer al público la oportunidad de entregar sus aparatos de manera gratuita y también han reconocido que las personas no



están dispuestas a viajar grandes distancias para entregarlos, tal es el caso de Proambi que coloco depósitos para celulares y pilas en varios lugares de la ciudad, sin embargo, todo parece indicar que funcionaron mientras eran la novedad, pasado el tiempo el interés se ha ido perdiendo, porque no ofrecen nada de vuelta, fuera de algún producto a cambio como determinamos en nuestra definición raíz, ni siquiera generan la confianza en las personas que realmente están haciendo algo con lo que recolectan. Gracias a todas las proyecciones que podemos rescatar de la literatura, podemos decir que el país necesita una respuesta de largo plazo, algún mecanismo sustentable económicamente y que mantenga el interés de las personas, para lograr un cambio verdadero de mentalidad. Una pregunta que nos podemos hacer es ¿Por cuánto tiempo Proambi estará interesado en mantener estos contenedores? Si la iniciativa fue de ellos e hicieron un esfuerzo en su colocación, ciertamente estarán interesados en algún tipo de retorno por su inversión. Lo que nos lleva al segundo obstáculo.

El apoyo institucional. Contar con aliados estratégicos puede facilitar las cosas. En nuestro caso en particular, el apoyo con la imagen de la UNAM hubiera sido algo que seguramente impulsase el programa piloto, es decir, logramos replicar el modelo gracias a que despertamos el interés en una parte de la población, ciertamente contar con un respaldo visible de la institución, que es algo con lo que la comunidad universitaria se siente identificada hubiese sido un factor clave. Lo mismo sucedería con otras escuelas, empresas o el gobierno mismo; más allá de solo un apoyo en la difusión, las asociaciones público-privadas son indispensables para garantizar soluciones sustentables y eficaces para el tratamiento de los residuos electrónicos.

VIII CONCLUSIONES

El tratamiento de RE es una tarea que ha venido tomando fuerza en los últimos años, debido a que es un futuro que nos ha alcanzado. Los costos personales que puede ocasionar su correcto tratamiento acarrear importantísimos beneficios sociales, económicos y ambientales, como el ahorro de materias primas y del gasto energético, la reducción del impacto en el paisaje por la extracción de estas materias, la reducción de los tiraderos informales y menor contaminación atmosférica.

Motivados por los pasos agigantados con que avanza la tecnología, las personas buscan ir siempre en la cima de la ola, las empresas de tecnología producen artículos rápidamente desechables, con la única finalidad de obligar su reposición en un periodo muy corto de tiempo. ¿Quién es responsable por los RE que se producen? En Europa optaron por señalar a las empresas productoras, y con regulaciones las han obligado a procesar una parte de los RE que se producen en dicho continente, la cual es proporcional a su participación en el mercado. Pero en México estamos muy lejos de poder tomar una decisión así, porque aún gran parte de los AEE entran al país por contrabando, o bien, son armados por personas con partes de aquí y allá.

Las empresas de reciclado ven en la recolección un gasto, y es que su *core business* está en el reciclado, sin embargo, parecen no existir; son como rumores, en una población consciente, de alguna manera, del daño que los RE provocan al ambiente nadie sabe exactamente dónde encontrarlos. Se enfocan en atender a las empresas que quieren cumplir con su responsabilidad social y hacerse promoción con las acciones verdes que



promueven, olvidando que las personas tienen en su casa la otra mitad de los RE que se producen anualmente en el país.

Se cumplió el objetivo de este trabajo ya que la aplicación de la metodología de sistemas suaves (MSS) a esta situación problema arrojó un proceso que incrementó la participación de las personas en un programa de recolección de RE, al identificar los factores que lo harían atractivo. Además se pudo verificar su viabilidad en una población definida, al lanzar el caso de estudio en el Posgrado de la Facultad de Ingeniería y en la Facultad de Ingeniería.

La propuesta del proceso de recolección, desde buscar una ubicación para poner un stand hasta el envío para tratamiento, se probó en dos distintas ocasiones con resultados favorables. El reconocer la importancia de las autoridades y el carácter ecológico del proyecto, sirvieron para abrir puertas y poder presentar el proceso a la opinión pública, que arrojó nuevos puntos de vista, áreas de oportunidad y consideraciones que no habían sido vistas en el planteamiento original, lo que ofrece una amplia gama de trabajos a futuro, corregir y hacer una nueva iteración en la MSS lo que afinará el proceso, mientras que los descubrimientos dieron pie al apartado de recomendaciones.

Un punto que es necesario resaltar es que las características que se identificaron como importantes para lograr mejorar la eficiencia de los programas de recolección en la definición raíz, fueron reconocidas por los participantes cuando el proceso se implementó.

El programa VAE nació del modelo conceptual, y fue necesario conjuntar un equipo de trabajo para lograr cumplir con las estrategias que se plantearon. La importancia de este trabajo además del desarrollo teórico y conceptual, reside en la implementación en sí y la experiencia de dirigir un equipo de trabajo interdisciplinario.

Un punto importante que implica el éxito de una jornada, es estudiar la población que será expuesta al stand antes de definir los productos que se llevarán; para ofrecer productos atractivos y que despierten el interés de las personas. Características como la edad y el grado de estudios afectan la percepción que se tiene sobre la propuesta de valor. Esta



consideración nos permitió disminuir el inventario y llevar nuevos productos al stand 2, los cuales se terminaron.

El análisis financiero muestra que VAE es sustentable y permitió obtener un pequeño margen de utilidad, ya para el segundo stand. La tendencia esperada es que el margen sea mayor para stands futuros. Aumentar la rentabilidad de VAE es cuestión de hacer alianzas estratégicas con empresas de otros sectores y buscar patrocinios. Además, de encontrar otros canales de comercialización de los RE, ciertamente el canal menos creativo es el de reciclado; como trabajo a futuro queda encontrar canales que generen mayor valor, dar un reuso antes de enviar a reciclado, quizá no como aparatos porque llegan muchos que ya son obsoletos y hasta inservibles, pero a nivel de componentes hay mucho que investigar y desarrollar aún.

La viabilidad de VAE quedo demostrada con la existencia de los stands; su eficacia con los resultados de recolección; su potencial, en la imaginación de los colaboradores; su necesidad, en la casa de todas las personas que no pudieron participar, porque no se enteraron, o porque no tenían como llevar sus cosas. El futuro de los Residuos Electrónicos nos alcanzó y es momento de...

“Darle un respiro al planeta”



IX ANEXOS

IX.1 Anexo A

Preguntas de la encuesta para analizar el comportamiento de las personas

1. ¿Qué edad tiene?
 - a) 15 – 20.
 - b) 21 – 25.
 - c) 26 – 30.
 - d) 31 – 35.
 - e) Más de 35.

2. Sexo
 - a) Femenino.
 - b) Masculino.

3. ¿Qué hace regularmente con los aparatos eléctrico-electrónicos (Celulares, cargadores, computadoras, reproductores mp3, controles remotos, discman, walkman, cables), que quizá sirven, pero ya no ocupa?
 - a) Los guardo en un rincón de mi casa.
 - b) Se los regalo a alguien.
 - c) Los llevo a un centro de acopio.
 - d) Los tiro a la basura.

4. ¿Cuántos teléfonos celulares has tenido a lo largo de tu vida?
 - a) 1 o 2.
 - b) 3 o 4.
 - c) 5 o más.



5. ¿Cuánto tiempo tiene con su actual celular?
 - a) Menos de 6 meses.
 - b) Menos de 1 año.
 - c) Menos de 3 años.
 - d) Más de 3 años.

6. ¿Tiene guardado alguna computadora, televisión o estéreo que ya no sirva en un rincón de su casa?
 - a) Si.
 - b) No.

7. ¿Por qué no se deshace de él si ya no sirve?
 - a) Le tengo mucho cariño.
 - b) No sé a donde llevarlo.
 - c) Me gustaría que alguien me diera algo por él.
 - d) No tengo tiempo de llevarlo a algún lado.

8. ¿Ha participado voluntariamente en un programa de recolección de aparatos eléctrico-electrónicos?
 - a) Si.
 - b) No.

9. ¿Si la respuesta anterior es si, además de satisfacción por ayudar a tu planeta, recibiste algo útil a cambio?
 - a) No aplica (la respuesta anterior fue no).
 - b) No.
 - c) Si.

10. ¿Aceptaría canjear esos aparatos eléctrico-electrónicos que ya no sirven, o no ocupa, y solo están acumulando polvo en su casa por algo útil para usted?
 - a) No, porque los quiero mucho.
 - b) ¿Cambiar algo que no ocupo por algo nuevo? ¡Claro! ¿A dónde?
 - c) Quizá si, pero solo sí es a un lugar cercano.

IX.2 Anexo B

Índice de empresas recicladoras de RE en México

Reciclaje de Basura Electrónica

N.L. Apodaca, Compra,
ricardodominguez@gfmelectronics.com,
www.gfmelectronics.com,
(81) 1295-5199

Compra de Desperdicios Industriales

D.F. Iztapalapa, Compra,
reciclaje.industrial1@hotmail.com,
(55) 2608-5064

Remsa

QRO Querétaro, Donación,
recicla@reciclaelectronicos.com,
www.reciclaelectronicos.com,
01-800-707-3672

On Site Destruction México

D.F. Azcapotzalco, Compra,
info@osd.com.mx, www.osd.com.mx,
(55)5356-9653

AER Worldwide

JAL. Zapopan, Compra,
antony@aerworldwide.com,
www.aerworldwide.com,
(33) 3673-6581

Proambi

D.F. Azcapotzalco, Donación,
recicla@proambi.com, www.proambi.com,
(55) 1166-1303

Recall International

D.F. Cuauthemoc, Donación,
cygoca@yahoo.com.mx,
www.recallinternational.com,
(55)2455-6000

Reciclaje de Electrónicos

EDOMEX, Nezahualcoyotl,
(55) 5766-9120

TBS Industries de México

EDOMEX Tlalnepantla, Donación,
reciclaje@tbsindustries.com,
wwwtbsindustries.com.mx,
(55) 5390-5404

Gemac

JAL Zapopan, Donación,
info@gemac.com.mx, www.gemac.com.mx,
(33) 3620-6201

Centro de Reciclaje Ideas, Soluciones y Redes

D.F. Iztapalapa, Donación,
iramirez@ismex.com,
www.isrmex.com/recicla.html,
(55) 2291-2527

Recicladora Jiménez

D.F. Iztapalapa, Compra,
contacto@compradeequipodecomputoydes
echosindustriales.com.mx,
www.compradeequipodecomputoydesech
osindustriales.com.mx, (55) 2608-6598

X BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Nelly. México no está listo para reciclaje de electrónicos. El Economista. 25/02/10, [30/11/10]. Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/tecnociencia>
- Antún, J.P. Logística: Una Visión Sistémica. Serie D-39, Instituto de Ingeniería, UNAM. Pag. 16. México (1994)
- Brito Marisa P., Dekker Rommert. Reverse Logistics—a framework. Erasmus University Rotterdam, Econometric Institute Report EI (2002)
- Chacón Pupo, Yamilet. Los costos medioambientales en la gestión de las organizaciones. Revista académica, editada y mantenida por el Grupo EUMED.NET de la Universidad de Málaga. Año 3 – Nro. 6 (Junio de 2009).
- Checkland, P. Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas, Limusa, México (1992).
- Council of Supply Chain Management Professionals. Supply Chain Management: Terms & Glossary. EU. (Feb. 2010)
- Cure Vellojín, Laila , et. al. Logística Inversa: Una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. Ingeniería y desarrollo, Colombia (Jul-Dic 2006).
- Di Vita, Giuseppe. Technological change, growth and waste recycling. Energy Economics. Vol 23, pp 549-567. Catania, Italia (2001).
- Durán de la Fuente , Hernán. Logística Inversa: Un nuevo desafío de la gestión ambiental. GESCAM, Rev. N° 78 Ene-Feb, (Ene-Feb 2006).



- García Olivares, Arnulfo A. Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística Inversa: Caso reciclaje de plásticos. Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006a/.
- González-García, Jorge. La logística inversa en la gestión de residuos. Sineria Consulting & Engineering, S.L. (Junio 2008).
- Insignares, Francisco. Plan estratégico de negocios de una planta de reciclaje de basura tecnológica en Barranquilla. Fundación Universidad del Norte. Maestría en Ciencias Administrativas. Barranquilla, Colombia (2007).
- Jiu-Biing Sheu, et. al. An integrated logistics operational model for green-supply chain management. Transportation Research Part E. Vol E 41, pp 287–313. Taipei, Taiwan (2005).
- Kroon L. y G. Vrijens. Returnable containers: an example of reverse logistics. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 25:2, P 56-68 (1995).
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, artículo 5°, fracción XXI.
- Maeso González, Elvira. Logística Inversa: Realidad o Desafío. II Conferencia de Ingeniería de Organización, Vigo, (5-6 Septiembre 2002).
- Martin, Christopher. Logística, Aspectos Estratégicos, Limusa, pp 45, México (2003).
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). Extended Producer Responsibility. A Guidance Manual for Governments. Paris, 2001. <http://www.oecdbookshop.org> (verificado: 27/03/11).
- Ortega, Patricia y Ruth Mata. Las pilas no son como las pintan. Excelsior, Sección Dinero, (3-junio 2006).



- Ortiz ,Carlos. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora y exportadora de basura electrónica en el distrito metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Nacional. Fac. de Ciencias Administrativas. Quito, Ecuador (2009).
- Porter, M. E. Ventaja Competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior. Ed. Continental (1987).
- Román, Guillermo. Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México. INE-IPN, (2007).
- Schluep Mathias, et .al. Recycling -Form E-waste to resources-. UNEP. Alemania (Julio 2009)
- Silva, Uca. Cyranek, Günther. Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. (2010).
- Tello, Fernando. Mena, Marcelo. Plan de negocios de una microempresa que recopilará, procesará y comercializará "basura tecnológica". Escuela Superior Politécnica del Litoral. Fac. de Ingeniería. Guayaquil, Ecuador (2009).
- Unai Tamayo Orbegozo, et al. La logística inversa como fuente de ventajas competitivas. Boletín Económico de ICE N° 2742, 7 (Octubre 2002).
- Varin, Benoit. Roinat, Pierre-Etienne. The Entrepreneur's Guide to Computer Recycling - Basics for starting up a computer recycling business in emerging markets. UNESCO-ADEME. Francia (2008).

X.1 Referencias electrónicas.

- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. ATDSR. EU. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/es_index.html
- Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información. Disponible en: www.canieti.org
- Google Académico. Disponible en: www.scholar.google.com



- Laboratorio Federal de Prueba de Materiales y de Investigación (EMPA) en Suiza de la ruta verde. Disponible en: <http://www.ewasteguide.info>
- PNUMA. Disponible en: www.pnuma.org
- Remsa. Disponible en: www.reciclaelectronicos.com (verificado: 30/11/10).
- Semarnat. Disponible en: www.semarnat.gob.mx
- Servicio Geológico Mexicano, Secretaría de Economía. Disponible en <http://portaljsp.sgm.gob.mx/SINEM> (Verificado 27/03/11).
- UNESCO. Disponible en: www.unesco.org