

PRODUCTO, PRODUCCIÓN Y CONSUMO: LOS FRENTES DE LA SOSTENIBILIDAD



Palabras clave: Sostenibilidad, ambiente, desarrollo, innovación, desmaterialización, eco-eficiencia, economía, tecnología, negocios, reciclaje, competitividad.

Key words: Sustainability, environment, development, innovation, dematerialization, eco-efficiency, economy, technology, business, recycling, competitiveness.

RESUMEN

Este artículo analiza las ideas y la contribución potencial de la desmaterialización y la eco-eficiencia y un marco de innovación para promover la sostenibilidad y la competitividad creciente en los negocios. Desde un punto de vista estratégico y con un acercamiento desde la productividad, las iniciativas para reducir la intensidad en el uso de recursos para la producción de productos y la prestación de servicios incluye: desmaterialización de la economía, extendiendo la vida del producto, incrementando eco-eficiencia y diseñando principios como reciclaje y



remanufacturación, sustitución de productos e incremento en la eficiencia del producto en su fase de uso. Estas iniciativas son implementadas para construir un sistema sostenible en el futuro, basado en principios de viabilidad económica y tecnológica, amistad con el ambiente y equidad social. Sólo la implementación práctica de estas y otras iniciativas podrán proveernos de las respuestas acerca del balance de aquellas cuatro dimensiones de la sostenibilidad.

ABSTRACT

This article analyses the ideas and potential contribution of dematerialisation and eco-efficiency, and an innovation framework to promote Sustainability and increasing business competitiveness. From a strategic point of view and productivity approach, initiatives to reducing the resource intensity in producing products and providing services include: dematerialisation of the economy, extending product life, increasing eco-efficiency and, design principles as, recycling and remanufacturing, product substitution and increasing efficiency of the product usage phase. These initiatives are implemented in order to construct a sustainable system in the future, based on principles of economic and technological feasibility, environmental friendliness and social equity. Only practical implementation of these and other initiatives will provide us with answers about balancing those four dimensions of sustainability.

1. SOSTENIBILIDAD

El trabajo de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED) (dirigido

por Gro H. Brundtland) dio lugar al informe “nuestro futuro común”, en el cual, por primera vez, se subrayó la necesidad de alcanzar un nuevo paradigma económico con base en un desarrollo sostenible que satisfaga las necesidades de la actual generación sin comprometer la satisfacción de las necesidades de generaciones presentes y futuras (WCED 1987). La Comisión Brundtland discutió que el desarrollo económico y la protección del medio ambiente se podrían hacer compatibles, pero que esto requeriría cambios radicales en prácticas económicas a través del mundo.

El paradigma presentado por la WCED cuestionó severamente el papel de la industria y presionó por nuevos patrones de producción que permitiesen alcanzar un nivel estable de desarrollo sostenible incluyendo tanto las necesidades de los consumidores como de las empresas; “muchas necesidades humanas esenciales se pueden resolver solamente con los productos y los servicios proporcionados por la industria...” (WCED 1987). La asunción de la transición hacia sostenibilidad también requiere un cambio en los patrones de consumo, y fue presentada oficialmente en la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en la cumbre de la tierra de Río de Janeiro, que tuvo lugar en junio de 1992. De esta forma quedó establecido que la sostenibilidad hace referencia,

* Candidata PhD e investigadora asociada, The International Institute of Industrial Environmental Economics –IIIEE–, Universidad de Lund, Suecia. Profesora de eco-innovación, especialización en sistemas de gestión ambiental, Centro de Tecnología y Producción. Facultad de Administración de Empresas, Universidad Externado de Colombia.

** Candidato DBA Universidad de Newcastle, Inglaterra, director Centro de Tecnología y Producción, Facultad de Administración de Empresas, Universidad Externado de Colombia.

económicamente hablando, tanto al lado de la demanda como al lado de la producción.

El análisis reciente de las aplicaciones prácticas de la sostenibilidad global, como la necesidad de obtener mejoras, ha destacado también el impacto del crecimiento de la población y del modelo de desarrollo económico actual. Incluso con predicciones conservadoras del crecimiento y del desarrollo de la población en los próximos 20 años, tales puntos del análisis sugieren la necesidad de un aumento drástico en la "eco-eficiencia" del sistema, o una disminución drástica del consumo de recursos ambientales o ambos. Esto debe conducir, según lo calculado, a una reducción en el 90% del consumo de recursos, con su correspondiente generación de contaminación, comparado con las condiciones de consumo actuales (Kuhndt, 2002). Esto se puede expresar como la necesidad de una reducción total del 90% en uso de materia o como la reducción en la utilización de recursos por "unidad consumida de producto o de servicio"¹.

En conclusión, la sostenibilidad implica una transformación profunda de las actividades de la producción y del consumo tanto en los países en vías de desarrollo como en aquellos desarrollados (van Weenen 1996).

2. CONCEPTOS PARA ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD

Alcanzar la sostenibilidad, entonces, requerirá de nuevos enfoques para satisfacer las necesidades y deseos de la población, con iguales o más altos niveles de vida de los actualmente existentes. Niveles perceptiblemente reducidos en el consumo y la contaminación implica necesariamente la reducción sustancial en el consumo de productos o materias primas. Sin embargo, nuevos productos y servicios serán todavía necesarios para satisfacer necesidades presentes y futuras.

Los esfuerzos para reducir la intensidad en el uso de recursos en productos y servicios y promover la sostenibilidad incluyen: la desmaterialización de la economía, la eficacia en el aumento de las prácticas de eco-eficiencia en las empresas, la extensión de la vida de los productos, su reciclaje, diseños que permitan el reúso y la remanufactura, la sustitución de productos por servicios y el estudio de las fases de uso. Este artículo analiza estos conceptos y su contribución potencial a la desmaterialización y la eficiencia empresarial en un marco de innovación.

2.1. LA DESMATERIALIZACIÓN

La desmaterialización tiene como objetivo la reducción de las consecuencias para el medio ambiente por unidad de actividad económica. El concepto de fondo es que necesitamos producir más (debido al crecimiento poblacional y a la necesidad de crecimiento económico) con menos recursos naturales. Desmaterializar implica un cambio tecnológico más allá de las economías basadas en el consumo enorme de productos y en el aumento de las necesidades de materias primas. Herman et ál. afirman que desde un punto de vista ambiental la desmaterialización se debe definir quizás como el cambio en la cantidad de basura generada por unidad del producto industrial (Herman, Ardekani et ál. 1989). Schmidt-Bleek indica que para lograr una reducción del 50% en los flujos materiales en el mundo, las infraestructuras, las instalaciones, los productos y los servicios futuros tienen que estar desmaterializados por un factor de 10 (reducción en un 90% en el consumo de materia y energía), en comparación con estándares occidentales actuales.

El rendimiento material de los procesos de producción y consumo puede ser cuantificado conociendo "la intensidad material por la unidad

¹ Veá, por ejemplo, Jansen, J. L. (1993). Towards a sustainable Oikos, CLTM (Dutch committee for long-terms environmental policy), y Ryan, C. (1998a). "Designing for Factor 20 improvement", Journal of Industrial Ecology 2 (1): 3-5.



de servicio" o concepto MIPS (**material input per service unit**). El cálculo de MIPS está basado en la contabilidad de todos los flujos, los materiales y energía que se activan a lo largo del ciclo vital de un producto. Esto se hace mediante el cálculo de los flujos materiales, desde su extracción hasta su disposición final, que se necesitan para proporcionar un determinado servicio. En los cálculos de MIPS, los flujos materiales se dividen para su clasificación en: materia prima abiótica y biótica, agua, aire y suelo. Finalmente, los MIPS son calculados relacionando la entrada total de material con las unidades de servicio proporcionadas por el producto. La comparación de productos se puede basar en la función que satisfacen y las unidades del servicio proporcionadas por (o a través) ellos. Por ejemplo, una camisa satisface una necesidad de abrigo, y presta

este servicio varias veces durante su vida útil o fase de uso.

El concepto MIPS es criticado generalmente por no tomar en consideración aspectos como la toxicidad de sustancias, que influyen en la calidad de los flujos de materiales que las incluyen. Pero los defensores y promotores de la metodología MIPS discuten generalmente que es difícil predecir el impacto y los efectos antropogénicos totales, resultado de las reacciones entre las entradas o **material inputs**. Otras herramientas como la metodología de evaluación del ciclo de vida (ECA) hacen constante frente a tal problema de la evaluación cuando intenta traducir cantidades de desechos y de emisiones a categorías, de acuerdo con las consecuencias para el medio ambiente.

La reducción en la escala de consumo de recursos y del rendimiento de procesos, aplicando los principios de



desmaterialización, reduce las potenciales consecuencias para el medio ambiente de la creciente actividad económica, requisito previo importante de la sostenibilidad económica.

La desmaterialización es una idea importante, pero es cuestionable si ella sola es una estrategia suficiente para alcanzar realmente la escala de cambio necesaria para el desarrollo sostenible. Por lo tanto se evaluarán otros enfoques.

2.2. ECO-EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE RECURSOS

El concepto de eco-eficiencia comprende siete estrategias (WBCSD 1996):

1. La reducción en la intensidad material de bienes y servicios.
2. La reducción de la intensidad de energía requerida para la producción de bienes y servicios.
3. La reducción de la liberación de sustancias tóxicas.
4. La mejora de la reciclabilidad de materiales.
5. La maximización en el uso sustentable de recursos renovables.
6. La extensión de vida útil de los productos.
7. Un aumento en la intensidad de la variable "servicio" en bienes y servicios.

El objetivo final de la eco-eficiencia es el de gerenciar un negocio o una empresa de manera más eficiente, de acuerdo con las condiciones económicas, sociales y ambientales. El Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) ve la eco-eficiencia, junto con el consumo sustentable y la producción más limpia, como esfuerzos integrales en el camino hacia el desarrollo sostenible. El WBCSD sugiere que la empresa pueda llevar a cabo la eco-eficiencia en cuatro niveles: procesos eco-eficientes, intercambio de productos intermedios, desarrollo de productos mejores y mercados ambientalmente conscientes.

La eco-eficiencia refleja la eficiencia interna de las empresas en los campos ambien-

tal y económico. Sin embargo, a pesar de su definición, no incluye los efectos ambientales de un producto después de que ha dejado la empresa. Otra preocupación, como se discutió antes respecto de la desmaterialización, es que la medición en el consumo de un recurso no indica necesariamente el nivel de impacto ambiental asociado con él. Es más, un impacto ambiental varía dependiendo de las condiciones locales específicas donde la producción y consumo ocurren. Así, medir la intensidad del recurso necesariamente no es la manera más exacta de medir el impacto ambiental, limitando el alcance del concepto MIPS.

La eco-eficiencia está dirigida a enfrentar el desafío de hacer la producción más eficiente al nivel de la compañía, incrementando su competitividad. Sin embargo, existe la posibilidad que pueden neutralizarse los beneficios ambientales de producción eco-eficiente si los niveles del consumo continúan creciendo. Por consiguiente, el eco-eficiencia responde simplemente a una parte de los desafíos de la sostenibilidad. Debe acompañarse de conceptos referentes a cambios de patrones en los modelos del consumo antes de que la sostenibilidad pueda lograrse.

2.3. LA ESTRUCTURA INNOVADORA

Vivimos en una economía de mercado, orquestada por las reglas de la competitividad. Mientras la competencia convencional tiene lugar dentro del límite determinado por los productos y servicios ofrecidos en el mercado, el éxito de muchas compañías depende de la habilidad de penetrar los límites tradicionales de competencia y crear los nuevos productos (y si es necesario, nuevas industrias y negocios).

La sostenibilidad nos desafía a cruzar los límites de conceptos tradicionales para alcanzar el Factor 10 como meta. Recientes ejemplos muestran que mediante extensión de la gestión a la cadena de suministro, mientras se corrigen defectos e impactos ambientales y se mejora el diseño del producto (llamados mejoras técnicas incrementales), se puede alcanzar el Factor 4 (75% menos materia y energía) como meta



viable. Pero para pensar en el Factor 10 se necesita innovar en un nivel de sistema; se requiere volver a pensar la misma base de qué es lo que los productores ofrecen al mercado. La compañía debe pensar no sólo en una mejora de productos y servicios, sino ir más allá para buscar soluciones completamente diferentes desde el punto de vista de la sostenibilidad, que sean innovadoras y competitivas.

Desde el punto de vista empresarial, las estrategias convencionales difieren de la lógica innovadora de la sostenibilidad en cinco dimensiones estratégicas:

- Los supuestos de la industria.
- El enfoque estratégico.
- El producto y ofertas de servicio.
- Clientes.
- Los recursos y capacidades.

Al lado de una buena posición competitiva y clientes más satisfechos, las compañías innovadoras tienen el potencial para hacer una buena ganancia. La innovación es una estrategia dirigida también a mejorar la calidad de vida, y si se usa propiamente, puede facilitar la sostenibilidad.

3. LA SOSTENIBILIDAD VISTA DESDE EL PRODUCTO Y SU DISEÑO

3.1. LOS RASGOS DEL ACTUAL "SISTEMA PRODUCTO"

En la economía del mercado un inmenso número de productos se manufacturan y se ofrece un sinnúmero de servicios para satisfacer las crecientes demandas de clientes. Los productos y servicios no son entidades autosuficientes; se crean, se producen, se usan y se disponen dentro del "sistema producto".

Los existentes "sistema producto" se diseñaron para satisfacer las metas de una economía basada en la producción de masa, calidad media y ciclos de vida cortos de productos. En la economía de mercado clásica la rentabilidad depende de las proporciones crecientes de consumo

de bienes. Esto implica un desincentivo para elaborar productos de ciclos de vida largos o durables. Esto puede llevar a una diferencia entre la duración de los productos y la duración de sus componentes, que normalmente se producen por otros productores. Por ejemplo, la duración de algunos componentes electrónicos puede ser bastante larga, y se inutilizan en un producto de consumo de corta vida. Esto produce la pérdida de estos componentes, de recursos naturales y una explosión en el volumen de basuras. Los fabricantes enfrentan a menudo un problema de diferencias de tiempos; el tiempo necesario para desarrollar un nuevo producto puede ser más largo que el tiempo del producto mismo en el mercado. Esto se genera por un enfoque de moda, donde se anuncian productos con cambios incrementales y se venden como productos nuevos o revolucionarios. Incluso un producto con un desempeño regular puede venderse en el mercado porque hay profesionales de mercadeo muy experimentados y por estrategias de mercadeo agresivas.

El diseño del producto y el precio no tienen, normalmente, en cuenta las consideraciones ambientales, en parte debido a que el sistema financiero envía signos no reales sobre el verdadero precio (el problema aún sin resolver de las externalidades). En las condiciones clásicas del mercado, tener en cuenta las consideraciones ambientales en el diseño del producto, se estima que agregaría costos y los haría demasiado caros en comparación con otros productos tradicionales que no tienen en cuenta los aspectos ambientales en su precio. La reciente atención y exploración del "eco-diseño" (diseño de productos basado en las mejoras ambientales), dentro de programas subvencionados por el gobierno o iniciativas empresariales independientes, sugieren que la relación entre los precios competitivos y los factores ambientales está apareciendo en el mercado. Una gran ventaja del eco-diseño es su enfoque respecto de la eficiencia de recursos

² Ver Ryan, C. (1998b). "Moving Beyond the Low Hanging Fruit in DfE.", *Journal of Industrial Ecology* 1 (3). También ver: Brezet, J. C. (1997). "Dynamics in ecodesign practice", *UNEP Industry and Environment* 20 (1-2): 21-24.

que conlleva reducciones en el costo² y aumentos en la productividad (Boada 2002).

3.2. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE EL MEJORAMIENTO DE PRODUCTOS

El eco-diseño es el término para las numerosas prácticas de diseño asociadas con mejoras ambientales. Estas prácticas se desarrollan a menudo como el "diseño para X", donde X significa características del producto diferentes que son consideradas como potenciales mejoras en el desempeño ambiental del producto, por ejemplo, "diseño para la durabilidad". Como ejemplos de algunas estrategias del eco-diseño se pueden citar³: la sustitución de materiales, la reducción de desechos en la fuente, la reducción de uso de sustancias tóxicas, la reducción de uso de energía, la extensión de vida del producto, el diseño para el desensamblaje, el diseño para el reciclaje, el diseño para la disposición final, el diseño para el reuso, diseño para la recuperación de energía (incineración), y el diseño modular que permita la reparación. La última meta de cada uno de estos "diseños para X" es la de crear un desarrollo de productos que contribuya a la mejora de varios aspectos en el desempeño ambiental de un producto. Por ejemplo, la desmaterialización de un producto (reducir la masa de un producto) puede reducir el uso de energía y transporte, disminuye el consumo de recursos, reduce la contaminación y baja costos en todo el ciclo de vida.

De hecho, muchos de los "diseños para X" mejoran la actuación ambiental de los productos durante la fase del uso o la fase de fin-de-vida. Esto es determinado por el hecho de que los productos tienen su impacto ambiental más alto durante estas fases. Un eco-diseño realmente eficiente y competitivo emplea la evaluación de

ciclo de vida (ECA) para identificar la fase del ciclo con la carga ambiental más alta⁴.

Hay un problema que es inherente a la mayoría de los enfoques del eco-diseño: no lo perciben los consumidores como un posible factor influenciado para la minimización del impacto ambiental de la fase del uso. Así, incluso un producto diseñado de la manera más inteligente e innovadora puede usarse para que cree el impacto más alto durante su fase del uso debido al comportamiento del consumidor. Este problema no es un problema de sólo eco-diseño, sino también de todo el sistema moderno de producción y consumo. No hay, normalmente, información de los consumidores en cuanto a los cambios que podrían hacerse y cuáles de estos podrían inducir mejoras significativas en la calidad ambiental y social del producto. Es decir, la educación de los consumidores debería ser incluida como parte del diseño si realmente se piensa en sostenibilidad.

Los llamados productos "inteligentes" pueden enseñar a los consumidores cómo ser más ambientalmente conscientes y usar los productos para minimizar los impactos ambientales. Así, junto con el "diseño para X" (el reuso, el desensamblaje, etc.), el "diseño para consumidores" (acompañado por la educación de consumidores en las maneras más eficaces de usar los productos para minimizar su impacto de ciclo de vida) es una necesidad sentida a la hora de analizar el alcance y la sostenibilidad de esta herramienta.

3.3. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS

– Los enfoques comunes de eco-diseño no se dirigen al diseño de todo el sistema del producto, lo que significa que algunos rasgos de un producto o sistema del producto pueden arriesgar el funcionamiento eficaz y armonioso

³ Ver Fiksel, J. *Design for Environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes*, New York, London, McGraw-Hill, 1996.

⁴ Ver Bras, B. "Incorporating Environmental Issues in Product Design and Realization". *UNEP Industry and Environment*, (January - June), 1997. También ver: Kerr, W. (1999). *Remanufacturing and Eco-Efficiency. A Case Study of Photocopier Remanufacturing at Fuji Xerox Australia*. IIIIEE. Lund, Lund University: 127.



del sistema entero respecto de la sostenibilidad del mismo.

– El eco-diseño tiene la posibilidad de mejorar el desempeño ambiental del producto a un cierto nivel, típicamente en un factor 3 o 4 (Ryan 1998b). Sin embargo, para lograr un el factor 10 se necesitan mejoras o cambios en el sistema total del producto con el fin de desarrollar el diseño sostenible.

– El enfoque estrecho de diseñar para un tipo de resultado en particular (reúso, recicla) les impide a los diseñadores ver y tener en cuenta el alcance de todo el sistema del producto.

– La innovación del sistema requiere ciertos cambios iniciales necesarios para superar la inercia tradicional en que todos los actores acepten, adopten y usen nuevos productos y servicios. Es posible ver productos eficaces que no tienen mucho éxito en el mercado debido a su costo, o porque requieren un cambio sustancial en el sistema de utilización. Recíprocamente, los productos ineficaces tienen éxito porque nuestro sistema presente es ineficaz, y no tiene la infraestructura necesaria para apoyar los productos innovadores. A los consumidores les falta también conocimiento para buscar una opción mejor. Así, en lugar de mejorar el sistema, el eco-diseño se enfoca todavía en hacer productos que satisfacen la moda y el muy ineficaz sistema. Por ejemplo, el automóvil se ha vuelto el modo dominante de transporte, y la infraestructura social entera fue creada para satisfacer este producto. Diseñar para mejorar el automóvil sólo ha limitado el potencial para provocar el cambio.

– Los consumidores no son normalmente una parte del proceso de diseño. Los productores, en forma parcial los involucran a través de los numerosos estudios del consumidor, pero, al final, los productores son los que promocionan el producto en el mercado en el modo y estilo que ellos deciden satisfacerían bien la función de las necesidades del cliente. El problema de separar a productores de los consumidores yace también en la estructura de industria, normalmente existen minoristas y distribuidores entre estos dos actores, los cuales actúan como un filtro para la información que surge de los consumidores

y el mercado, y a menudo manipulan esta información para satisfacer sus propios intereses.

– Hay pocos incentivos para que el productor mejore el diseño del producto, porque la responsabilidad del producto está en el cliente que llega al punto de venta. Por ejemplo, el productor no puede estar interesado en mejorar la eficiencia del producto durante su fase del uso porque es el consumidor quien paga la electricidad para hacer funcionar dicho producto. La justificación teórica de este punto se presenta por el Ciclo de Salter (Salter 1966). Las empresas todavía se enfocan en la reducción del costo, minimización del precio, en incrementar ventas y en maximizar ganancias a través de una producción creciente y la capacidad de la demanda de absorberla. En este orden de ideas, los productores no están interesados en los productos de larga vida, en el mantenimiento de bajo costo o en la reparación de los productos. Indagar la conciencia del consumidor lleva a aumentar las demandas para mejorar el desempeño de los productos, pero hasta tanto los productores no estén financieramente interesados en las mejoras, poco se hará al respecto.

– Algunas estrategias de eco-diseño (normalmente el desensamblaje, reúso, reparación) se dirigen a incrementar la vida del producto o, en otros términos, a retardar los tiempos de los ciclos de éste. La prolongación de la vida de un producto proporciona la oportunidad de mejorar los productos existentes, y permite ganar tiempo para mejorar la calidad y trabajar en soluciones nuevas e innovadoras. Podrían justificarse menos “nuevos productos” si éstos son más innovadores e integrados en la infraestructura económica y ambiental actual. Desde una perspectiva ambiental, las estrategias requieren un enfoque fuerte en “diseño para la actualización”, para que la extensión de vida del producto no impida la mejora técnica y la eficiencia en el uso del producto.

3.4. EL SISTEMA PRODUCTO INTELIGENTE

Un acercamiento interesante al eco-diseño que resalta principios proactivos, desde el punto de

vista de la sostenibilidad, en el diseño es el Sistema Producto Inteligente creado por Michael Braungart del EPEA (Braungart y Engelfried 1993). El sistema reconoce tres tipos de productos: consumibles, durables e insalubres.

Los primeros son los **consumibles**: productos que desechados se transforman en comida para otros sistemas vivos. Actualmente, muchos productos que son potencialmente “consumibles” no lo son, como la tela de algodón que contiene muchos químicos diferentes que hacen imposible para los organismos vivos degradarla (Braungart 1999). Mucho de lo que hoy se recicla es derivado de sustancias tóxicas que consumen más energía en el proceso de reciclado que lo que se ahorra reciclando. Un diseño alternativo necesita ser desarrollado: un diseño para la descomposición en el cual los productos usados se transforman en fertilizantes o en comida para otros sistemas vivos.

La segunda categoría son los **durables**: productos que no deben venderse, pero sí alquilarse, o contratarse en leasing o como servicios. Son productos sofisticados que, por definición, no pueden ser los consumibles. En esta categoría estarían los automóviles y refrigeradores, éstos siempre deben ser propiedad del fabricante, de esta manera se fabricarían, se usarían y se devolverían dentro de un sistema cerrado.

Existen, por último, los **insalubres** (que contienen por ejemplo toxinas, químicos, radiactivos y metales pesados): productos que no pueden degradarse por los sistemas vivos. Por consiguiente, tales productos deben ser responsabilidad total del fabricante y deben detoxificarse y almacenarse de una manera apropiada hasta que la tecnología permita su descomposición segura. Dentro de esta categoría estarían la mayoría de los productos electrónicos de hoy.

Así, en un sistema del producto inteligente, los durables que se mantienen y poseen por los proveedores de servicios y, por consiguiente, estos son activos productivos que serán usados eficientemente y mantenidos apropiadamente. Este ejemplo

contribuye a la extensa discusión que da origen a los “sistemas producto-servicio” (PSS).

4. LA SOSTENIBILIDAD VISTA DESDE LA PRODUCCIÓN

4.1. LOS ASPECTOS DE PRODUCCIÓN ACTUAL

La producción en masa –una de las características principales del sistema actual de producción– está basada en la creación de riqueza a través de un flujo de recursos y bienes fruto de actividades económicas. Para mantener el flujo constante de recursos y su procesamiento eficiente, el sistema de producción acentúa esfuerzos en la optimización del proceso, previniendo las fallas del mismo, así mismo para mantener demanda del flujo de recursos, es deseable fabricar productos de corta vida que se vendan en el mercado cada vez con mayores necesidades y capacidad de compra. Como se mencionó antes, debido a la creciente sofisticación de productos, el tiempo de comercialización está aumentando, luego, para guardar la velocidad de flujos de recursos y suministro al mercado, se venden nuevos productos con las mejoras incrementales, justificados con argumentos de avances en tecnología, seguridad, cambios en la moda y otros. De esta forma, parece que en esta carrera de entradas constantes de nuevos productos y los procesos más eficientes, el valor (funcional) de uso para los consumidores se olvidó. El enfoque está en las cantidades, mientras que a la calidad respecto de la necesidad de los consumidores no se le presta la atención apropiada. Las investigaciones muestran que el sistema de producción induce necesidades en algunos países para satisfacer los requerimientos de flujo de materia y por ende de capital, mientras el nivel real de las necesidades de los clientes permanece igual (García 1999). Al mismo tiempo, a pesar de todo el enfoque preventivo y correctivo de la gestión ambiental de las empresas, la carga ambiental del sistema de la producción sigue aumentando.



4.2 ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD MEJORANDO LA PRODUCCIÓN

Hay numerosos métodos para mejorar los procesos de producción existentes, además de las estrategias que se desarrollan permanentemente para minimizar los impactos ambientales en esta fase del ciclo de vida del producto, entre las cuales encontramos la prevención de la contaminación y la producción más limpia, tecnologías más limpias y tecnologías del control. Estos enfoques incluyen innovaciones tecnológicas y organizacionales, cuya característica común es que todas estas se enfocan en las mejoras internas. Son bien conocidos y se han llevado a cabo desde los inicios de los años 70 y, por consiguiente, no se tratarán en este texto, el cual examinará las varias estrategias que se introducen actualmente en las políticas y sectores de la industria. Estas están principalmente interesadas en las fases del posuso para ocuparse de productos al final de sus ciclos de vida, y están condicionadas a que los productores asuman su **responsabilidad ampliada del productor** (RAP) (mejor conocida como **extended producer responsibility** –EPR–), por los productos en esta fase (Masera 2003).

Las logísticas inversas y la tecnología de la información serán consideradas aquí, primero como una estrategia hacia cerrar ciclos de materiales, vida y de energía, y secundariamente como una innovación social que también aumenta la eficacia de la producción actual y tiene un potencial para cambiar el sistema moderno de productos, productores y servicios.

Las logísticas inversas, en un sentido más amplio, hacen referencia a todos los procesos relacionados al reúso de productos y materiales. La logística inversa se centra en todas aquellas actividades de la logística para recolectar, desensamblar y procesar productos usados, partes de productos o materiales, para asegurar la reducción de las cargas ambientales. Tradicio-

nalmente, los fabricantes no eran responsables de sus productos después del uso por parte del consumidor hasta la aparición de la EPR. El volumen de productos usados es normalmente descartado en rellenos sanitarios o incinerado con un daño considerable al ambiente, a la economía (externalidades) y a la sociedad. Hoy, consumidores y autoridades esperan que los fabricantes reduzcan la pérdida generada por sus productos. Por tanto, la gestión de residuos ha recibido una atención creciente. Últimamente, debido a la nueva legislación gestión de residuos, el énfasis ha estado cambiando hacia la recuperación y sobre todo al remanufacturado (no confundir con reciclaje⁵), debido a los altos costos y las cargas ambientales de disposición de los basurales y rellenos sanitarios. De esta forma las empresas son cada vez más responsable de la recolección, desensamblaje y actualización de los productos usados y materiales de embalaje.

En los países desarrollados, la tecnología de la información es responsable del constante decrecimiento de la proporción de consumo de recursos no renovables, aunque algunos estudios muestran aumentos de consumo e impactos en los países en vías de desarrollo, donde la mayoría de los componentes son fabricados (SVTC 2000). El valor económico del producto nacional está soportado, en grado creciente, por el valor agregado relativo a la información del valor del material y la energía usados para obtener dicho producto. El empleo de servicios multimedia crece junto con el desarrollo rápido de tecnologías de computación e innovación de equipos. La tecnología de la información está cambiando la forma de ver este producto nacional, ya que se enfoca en el desarrollo de servicios y modifica sustancialmente los procesos de producción hacia una desmaterialización, ésta debe ser considerada como una posibilidad de "servicializar" los productos y medir de una forma diferente el producto nacional.

⁵ El reciclaje ha sido a menudo criticado por no ser económicamente viable debido a la necesidad de energía y materiales para su proceso, así como el límite en las tasas de reciclaje de ciertos materiales.

4.3. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS

La meta de la producción en masa es fabricar productos más baratos con una calidad aceptable y contribuir a la creación de riqueza. Sin embargo, las restricciones y limitaciones impuestas por la disponibilidad de los recursos naturales, las fuentes de energía y la capacidad de asimilación de la naturaleza han llevado a problemas obvios en la producción, uso y disposición final de un número creciente de productos, problemas sobre los cuales no se ha asumido plenamente la responsabilidad y calculado los costos. Además de estas limitaciones ambientales, las limitaciones sociales son también evidentes; las diferencias entre una capacidad productiva creciente y una capacidad de consumo del mercado decreciente, debido al avance de la pobreza en muchas regiones del mundo, ha traído la necesidad de transar las fricciones. La capacidad humana para absorber productos de alta tecnología también tiene límites. Para combatir estos problemas necesitamos fundamentalmente revisar el paradigma actual de la producción en masa, desarrollar y seguir uno nuevo. Un nuevo paradigma de la producción debe reducir el número de productos a un tamaño manejable (a nivel de los consumidores, para entender las características del producto y necesidades asociadas, y para productores, con el fin de cuidar de los productos al final de su vida). Algunos autores reclaman por un paradigma "posproducción en masa" (Tomiya 1999), el cual sería un nuevo paradigma industrial para la separación del crecimiento económico y del bienestar, del uso de recursos naturales, del consumo energético y de la generación asociada de desechos⁶. Esto significa la reducción de producción y consumo a los niveles adecuados y manejables mientras se crece económicamente y se mantiene, e incluso se

mejora, la calidad de vida, incluyendo la solución a los crecientes problemas sociales.

El paradigma de posproducción en masa (PMPP) está basado en el concepto de ciclo de vida y asigna especial atención a las actividades cruciales por cerrar el ciclo, como la reparación, reúso, remanufactura y reciclaje. La meta principal del PMPP es disminuir la cantidad total de nuevos productos mientras se mantiene la calidad de vida. Los defensores del PMPP consideran una situación imaginaria con una economía de ciclo cerrado, en cuanto a flujo de materiales, y analizan cómo pudiera lograrse la reducción del volumen de la producción.

Se proponen dos estrategias: la primera conduce a pensar en el aumento de la velocidad de los ciclos (los flujos del ciclo y los movimientos cíclicos) y la circulación misma para suplir la demanda. Esto llevará a una vida más corta de los productos, pero la producción total se quedaría igual debido a que se encontraría en un sistema cerrado; la otra estrategia apunta a la introducción de productos más caros con una vida más larga, así se espera reducir el volumen de la producción y consumo del material. Por consiguiente, para muchos productores las nuevas áreas de creación de valor y generación de ganancia estarán en el funcionamiento, mantenimiento, actualización, y otras fases de la vida del producto. Los precios más altos pueden estar basados en la internalización de los costos ambientales y, por qué no, sociales en el precio del producto. La segunda estrategia tiene un potencial para reducir la producción, pero debido a la naturaleza delicada del debate sobre la internalización no puede ser considerada como la única estrategia para tratar con el exceso de la producción actual.

Debido a la competencia y a las reglas de la economía de mercado, los productos todavía

⁶ Ver por ejemplo: Matsumoto, S. and J. Yagi (1999). Study On Post Mass Production Paradigm (PMPP) In The Case Of Construction Industry. First International Symposium on Environmentally Concious Design and Inverse Manufacturing. Ecodesign '99, Tokyo, Japan. Tomiyama, T. (1999). The Post Mass Production Paradigm. First International Symposium on Environmentally Concious Design and Inverse Manufacturing. Ecodesign '99, Tokyo, Japan.



son fabricados y se fabricarán en las cantidades más que suficientes. Sin embargo, se espera una gran contribución por parte de la tecnología de información (IT), mediante la reducción de los volúmenes de la producción por la creación de mas servicios, como la música o la educación **on-line**. Hay algunos ejemplos de nuevos enfoques productivos, como la producción sobre demanda, en la cual se dan productos y se proporcionan servicios después de que se han solicitado, por ejemplo, video-sobre-demanda, y publicaciones de libros con base en portales de Internet. De esta manera se produciría lo suficiente y se evitarían los costos de los excesos de producción.

La tecnología de la información también tiene otro potencial. En los sistemas cerrados de producción y consumo se asume que la calidad del producto no se pierde con el tiempo. La IT puede ayudar a los productores en la supervisión de la calidad a través del **software**, al existir la posibilidad de que la calidad y funcionalidad de los productos sean actualizadas, mejoradas y extendidas a través de las aplicaciones de IT. Así, la multifuncionalidad no será algo construido desde el inicio y de tipo inalterable, sino en cambio se agregarían las funciones y se actualizarían los productos dentro de un servicio de mantenimiento proporcionado por los productores.

5. LA SOSTENIBILIDAD VISTA DESDE EL CONSUMO

5.1. ASPECTOS DEL SISTEMA DE CONSUMO ACTUAL

Hoy en día, la producción industrial en todo el mundo global es aproximadamente 20 veces superior a la de los primeros años del siglo xx, mientras la población durante el mismo período se ha triplicado (Meadows, y Meadows et ál. 1992). ¿Cómo ha afectado esto a los patrones

de consumo? El establecimiento del modelo de consumo masivo acompaña la transición a una sociedad industrializada y desarrollada que, normalmente, se identifica por los siguientes rasgos principales (García 1999):

– Los mercados están cada vez más dominados por grandes corporaciones que usan la producción en masa y promueven el consumo masivo a niveles de opulencia, ayudados por el exceso de publicidad en los medios masivos de comunicación que inducen de manera desmedida el impulso de compra (Boada 2003). Al mismo tiempo, hay un cambio en el bienestar material y en el desarrollo del consumo "optativo"⁷. Sin embargo, el bienestar entendido como la satisfacción de necesidades es un concepto dinámico, ya que éstas cambian gradual y constantemente en la sociedad posmoderna.

– La movilidad de personas y productos y los sistemas de transporte están sustentados en los automóviles privados. La infraestructura de habitación, trabajo, compras y de ocio se construye alrededor del uso de un automóvil.

– El predominio de la cultura del "usar y botar", definida por la vida corta de los productos y niveles altos de producción de desechos. Por ejemplo, hace sólo 20 años la reparación de las prendas de vestir era una práctica común, mientras hoy es un práctica muy reducida en la población de medios y altos ingresos.

– La creciente conciencia de los consumidores. Las preocupaciones ambientales y sociales de los consumidores han crecido considerablemente durante la última década. Sin embargo, en términos reales, los consumidores todavía tienen un conocimiento muy pequeño sobre los eslabones entre sus opciones de consumo y las consecuencias ambientales y sociales. El mecanismo existente de precios no facilita la compra de productos y servicios orientados al medio ambiente, porque, en general, la mayoría de tales productos son más caros.

⁷ El consumo optativo hace referencia a la compra de productos y servicios que no son importantes para la supervivencia, es decir, no satisfacen necesidades básicas.

– Se transfiere la propiedad a los consumidores. El sistema del consumo actual transfiere la propiedad de un producto a los consumidores, lo cual ocurre en el punto de venta. A través del traslado de la propiedad a los consumidores, éstos se hacen responsables de los productos, sus ineficiencias, la calidad en su uso y sus impactos ambientales durante el uso y la fase de disposición final. No obstante, los consumidores como individuos no pueden considerarse totalmente responsables por los desechos y la contaminación, debido a su poco e insuficiente conocimiento sobre los problemas ambientales y su reducido poder en la cadena del producto. Las asociaciones de consumidores, que representan los intereses del consumidor, pueden ser, por consiguiente, un elemento importante en cualquier deseo de cambio.

5.2. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA MINIMIZACIÓN DEL CONSUMO

Pensar en reducir el consumo parece una herejía para el mundo actual y causa el rechazo tanto de los productores que derivan de éste sus ganancias, y en los consumidores que ven en la acumulación de cosas su ideal de felicidad. No son muchas las personas de los países industrializados deseosas de minimizar el consumo por debajo de los niveles que hoy disfrutan. Existe entonces la necesidad de llevar el consumo a un nivel cualitativamente más alto. En lugar de las cantidades, se necesita centrar los esfuerzos en la calidad, que supla las necesidades y deseos de los clientes, mejore su nivel de vida, no amenace el medio ambiente y mantenga la estabilidad económica del mercado. Esto requiere la “desmaterialización” del consumo, que es tener la utilidad en lugar de la propiedad (Schmidt-Bleek 1995). Al respecto, Stahel propone cambiar el concepto de “punto-de-venta” por el de “punto-de-servicio” (Stahel 1994). Sin embargo, la pregunta principal se mantiene: ¿cómo podemos minimizar el consumo sin disminuir el nivel de vida?

Las ventas son la generación de ingresos, y no debe pensarse que reducir consumo, de materiales principalmente, significa bajar el volumen de ventas, que es uno de los elementos que genera pánico entre los empresarios que abordan estos temas. Se han sugerido varias estrategias como alternativa para vender productos. Por ejemplo, **consumo compartido** y **consumo grupal** son estrategias que se han promovido recientemente para minimizar el consumo de ciertos productos a través del uso compartido de un producto por varias personas. Los efectos ambientales positivos son el resultado de reducir el número de productos y que se pueda seleccionar el producto más eficaz. Claro, el uso aumentado de un producto compartido puede reducir su ciclo de vida (aunque podría resolverse a través del desarrollo de un producto diseñado para este nuevo nicho de mercado). El tiempo de vida más corto para tales productos puede significar que podrían reemplazarse rápidamente por otros más eficientes. La alternativa sería productos de larga vida diseñados para actualizarse.

Otras estrategias para minimizar el consumo son el **leasing** y el **alquiler**. Estos están fundamentados en principios similares a las anteriores estrategias, como compartir y consumo por grupos, pero la diferencia está en la combinación con los esquemas financieros. El leasing y el alquiler son ambientalmente más ventajosos si el producto al final del contrato del arrendamiento es devuelto al arrendador en una condición convenida, y si el arrendador lo reúsa, lo remanufactura o recicla sus materiales, lo cual representa también ventajas económicas si fue concebido inicialmente el diseño del producto para estas funciones. El leasing, con cuyo pago los clientes cubren la amortización de los productos arrendados, es un incentivo para prolongar la vida de los productos, de manera que en ciclos posteriores de uso se obtengan sólo ganancias netas.

Las formas convencionales de alquiler en las que un cierto producto se entrega por un período convenido a cambio de una cuota de



arriendo contraen una utilización más intensiva de un producto comparado con el uso individual por parte de un propietario. En general, el alquiler puede reducir la producción y consumo de bienes específicos e incrementar las ganancias del arrendador cuando el producto permanece en varios ciclos de alquiler (normalmente se aplica a los artículos más caros). Sin embargo, la carga ambiental por transportar los productos cada vez que los necesitan se debe tener en cuenta al evaluar ambientalmente la modalidad de alquiler.

5.3. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS

El eco-leasing, o leasing de productos ambientalmente mejores, parece tener un conflicto intrínseco entre los intereses del arrendador y el comportamiento de los arrendatarios. El eco-leasing facilita el supervisado de productos y su desempeño durante la fase del uso, su retorno y disposición final por el arrendador. Sin embargo, los productos arrendados en modalidad de leasing pueden deteriorarse más rápidamente que aquellos cuya propiedad se ejerce privadamente, debido al uso "irresponsable" del producto por el arrendatario (maximización del beneficio en el periodo en que se disfruta del producto). Sin embargo, resulta de interés natural en el arrendador el prolongar el tiempo de vida del producto y elaborar productos durables que puedan repararse fácilmente, restaurarse, actualizarse, reusarse y reciclarse.

De esta manera el leasing debe analizarse cuidadosamente como medio de reducción del consumo, porque podría haber una tendencia a acelerar el remplazo de productos por otros más "a la moda", con impactos ambientales conexos. Por otro lado, una tendencia tal podría estimular el proceso de desarrollo de productos donde la innovación incluya productos y servicios de mejores características ambientales y sociales.

En síntesis, el leasing puede llevar a una reducción en el número total de productos comprados (a través de una decisión de no comprar).

El leasing permite el uso de productos más caros con un desempeño ambiental más elevado que de otra manera no sería rentable incluirlo en las especificaciones del producto. El leasing como el alquiler podrían llevar a una disminución en la responsabilidad del consumidor, y a un mantenimiento mejor e intensificación de uso por parte del propietario arrendador.

Este corto análisis no pretende presentar el leasing y el alquiler como medios inequívocos para minimizar el consumo, pero si se emplean en un sistema junto con otros métodos, podrían ser bastante útiles.

6. ENFOQUES DE DISEÑO PARA SISTEMAS SOSTENIBLES

Al revisar la literatura al respecto se pueden encontrar muchos artículos que se identifican con aspectos de sistemas sostenibles y que normalmente incluyen el producto, su producción y los sistemas de consumo. Éstos sugieren un amplio rango de puntos de vista de diseño que son pertinentes a este análisis, y entre los cuales encontramos:

– **Utilización sin propiedad.** Bajo este esquema deben enfocarse los futuros sistemas de consumo antes que en el valor físico o material de la posesión. El cambiarse a este enfoque tiene el potencial para afectar el diseño de productos y eventualmente llevarlo a sistemas donde se le da especial énfasis a la intensidad del servicio que presta dicho producto y por el cual se obtienen las ganancias de la compañía. Pensar de manera dirigida en la función en lugar de la propiedad del producto propicia un cambio en su diseño y la manera como se ofrece en el mercado. Algunas compañías ya practican estas modalidades, vendiendo la función. Se pueden citar Electrolux, Interface Inc. y Xerox.

– **El aumento en la intensidad del servicio.** Aumentar la intensidad del servicio es un concepto atractivo que incluye: sustitución del producto; extensión de vida; intensidad de uso; multi-funcionalidad; e integración del producto

(James 1997). Algunas de estas estrategias se presentan como separadas del eco-diseño y la desmaterialización. No sólo puede aumentarse la intensidad del servicio a nivel de producto, sino en niveles más altos de sistemas de producto, que incluyen, por supuesto, los servicios eco-eficientes.

– **Las interacciones entre los productos, servicios y usuarios.** Los sistemas de producción y consumo futuros deben incluir la innovación social manejada principalmente por las tecnologías de información y por las crecientes posibilidades de manejar sistemas de interacciones más complejos entre los productos, servicios y los usuarios de los mismos. Esto se encuentra parcialmente incluido en el concepto de “empresa ágil” que propone un cambio radical en la manera como está organizada la producción, donde se requieren servicios fiables y rápidos que enlacen muchas unidades dentro y fuera de la organización (Baker 1996). Por tanto, existen nuevas formas y tipos de organizaciones completamente diferentes a los actuales, como las redes flexibles de trabajo de compañías y empleados que incluyen el **tele-working**.

CONCLUSIÓN

El gran desafío para los conceptos en desarrollo sobre los sistemas sostenibles no surge en la lluvia de ideas sobre futuros escenarios (que son de gran magnitud, de acuerdo con las tendencias de innovación actual). El desafío surge cuando intentamos diseñar un sistema futuro sostenible basado en los principios de viabilidad económica y tecnológica, conveniencia ambiental y equidad social. Sólo la aplicación práctica de estos diseños nos proporcionará las respuestas sobre cómo equilibrar, sobre la marcha, esas cuatro dimensiones de la sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Boada, Alejandro. “Desmaterialización”, Universidad Externado de Colombia Facultad de Administración de Empresas Material didáctico Programa de Especialización en Sistemas de Gestión Ambiental, 2002.

Boada, Alejandro. “De la producción sostenible al consumo sustentable”, Universidad Externado de Colombia, Facultad de Administración de Empresas, material didáctico programa de Especialización en Sistemas de Gestión Ambiental, 2003.

Bras, B. “Incorporating Environmental Issues in Product Design and Realisation.” *UNEP Industry and Environment* (January - June), 1997.

Braungart, M. Transform the making of things, 1999 [www.cs.washington.edu/homes/pardo/feature.d/twelve.html]. 1999-04-05.

Braungart, M. and J. Engelfried. “The Intelligent Product System”, Hamburg, *Bulletin EPEA*, 1993, 36.

Brezet, J. C. “Dynamics in ecodesign practice”, *UNEP Industry and Environment* 20 (1-2), 1997, 21-24.

Fiksel, J. **Design for Environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes**, New York, London, McGraw-Hill, 1996.

García, E. Household Consumption, Status, and Sustainability. “Nature, Society and History”. Long Term Dynamics of Social Metabolism, “Kursalon im Stadtpark”, Vienna, Austria, 1999.

Herman, R., S. A. Ardekani and J. H. Ausubel. **Technology and Environment**, Washington D. C., National Academy Press, 1989, 50-69.

James, P. “The Sustainability Cycle: A New Tool for Product Development and Design”, *The Journal of Sustainable Product Design*, DFE:0 (2), 1997 July, 52-57.

Jansen, J. L. **Towards a sustainable Oikos**, CLTM (Dutch committee for long-terms environmental policy), 1993.

Kerr, W. **Remanufacturing and Eco-Efficiency. A Case Study of Photocopier Remanufacturing at Fuji Xerox Australia**, Lund, IIIIEE, Lund University, 1999, 127.



Kuhndt, Michael. "Separando el bienestar del uso de la naturaleza: de la teoría a la práctica", Universidad Externado de Colombia, Centro de Gestión Ambiental y Tecnológica – Instituto Wuppertal, Alemania, 2002.

Masera, Diego. "Hacia patrones sostenibles de producción y consumo en Latinoamérica y el Caribe", reunión de expertos de Gobierno de América Latina y el Caribe: Aplicación del capítulo III del Plan de Acción de Johannesburgo. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA. Buenos Aires, Argentina, 2003, 23 al 25 de abril de 2003.

Matsumoto, S. and J. Yagi. Study On Post Mass Production Paradigm (PMPP) In The Case of Construction Industry. First International Symposium on Environmentally Concious Design and Inverse Manufacturing. Ecodesign '99, Tokyo, 1999.

Meadows, D. H., D. L. Meadows and J. Randers. Beyond the Limits: Global Collapse or A Sustainable Future, London, Earthscan, 1992.

Ryan, C. "Designing for Factor 20 improvement", *Journal of Industrial Ecology* 2 (1), 1998a, 3-5.

Ryan, C. "Moving Beyond the Low Hanging Fruit in DfE", *Journal of Industrial Ecology* 1 (3), 1998b.

Salter, W. E. G. *Productivity & Technical Change*, London, UK, University of Cambridge Department of Applied Economics Monograph 6. Cambridge University Press, 1966.

Schmidt-Bleek, F. MIPS im Haushalt oder die Frage nach der Umweltverträglichkeit Von Produkten im Haushalt, In Seel/Stahmer, 1995, 44.

Stahel, W. R. *The Functional Economy: Cultural and Organizational Change. The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management*, D. J. Richards, Washington, National Academy Press, 1997, pp. 91 a 100.

Stahel, W. R. The Impact of Shortening of Life-Time of Products and Production Equipment on Industrial Competitiveness and Sustainability. Geneve, The Product-Life Institute, 1994, 69.

SVTC. *Water Use and other Materials and Wastes Associated with Semiconductor Production*, Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC), USA, 2000.

Tomiyama, T. *The Post Mass Production Paradigm. First International Symposium on Environmentally Concious Design and Inverse Manufacturing*, Ecodesign '99, Tokyo, 1999.

Van Weenen, H. *Discovery: From Collision to Co-operation. The Third European Roundtable on Cleaner Production Programmes*, Kalundborg and Copenhagen, 1996, 31 October - 4 November.

WBCSD. Eco-efficiency. Concept background, 1996, [www.wbcd.ch/ecoeff1.htm#top], 1999-11-23.

WBCSD. Dedicated to Making a Difference, 1999, [www.wbcd.ch], 1999-11-21.

WCED. *Our Common Future*, Oxford, Oxford Univ. Press, 1987.

Xerox Corporation. Homepage, 1999, [www.xerox.com/go/xrx/about_xerox/T_ehs.jsp?trk=/Environment,_Health_and_Safety/].

Xerox Corporation. Corporate Homepage, 2001, [www.xerox.com/go/xrx/about_xerox/AX.jsp], 2002-01-25.