



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

AIDA SANES ORREGO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de estudios ambientales (IDEA)
Bogotá, Colombia
2012

**EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) EN EL DESARROLLO
SOSTENIBLE: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA
EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS
PRODUCTIVOS**

AIDA SANES ORREGO

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título
de:

MAGISTER EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Director:

Ph.D. Javier Toro Calderón

Codirectora:

Ph.D. Nohra León Rodríguez

Línea de Investigación

Estudios de impacto ambiental

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de Estudios Ambientales (IDEA)
Bogotá, Colombia

2012

*A mis padres, mi familia, mis amigos y
mis profesores.*

*La Tierra tiene lo suficiente para
satisfacer las necesidades de todos, pero
no las ambiciones de unos cuantos.*

Mahatma Gandhi

Agradecimientos

A Aida, mi madre, por su apoyo y amor incondicional en toda mi vida y especialmente en este proceso académico y de construcción personal y profesional.

A Cesar y Sixta, mi tío y mi abuela, que han creído en cada uno de mis sueños y han compartido mi esfuerzo por cumplirlos.

A La Universidad Nacional de Colombia por la educación que me ha ofrecido y la oportunidad de seguir creciendo a través de la investigación.

Al profesor Javier Toro Calderón, por creer en mí y mi proyecto, por apoyarme con su conocimiento y su guía, por aprender conmigo y ser más que mi mentor, mí amigo.

A la profesora Nohra León Rodríguez, que con cada una de sus correcciones hizo crecer en mí el amor por la investigación, y fue mi soporte en los momentos de adversidad y renuncia.

Resumen

En este trabajo se reviso la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), y se propuso una serie de herramientas que, teniendo como soporte teórico los conceptos de desarrollo sostenible y de desarrollo humano, podrán ser utilizadas en el ACV con el fin de evaluar la sostenibilidad de pequeños sistemas productivos, ya que actualmente solo se evalúan los impactos al medio biofísico. Adicionalmente la propuesta metodológica se aplico a manera de ejemplo en la evaluación de una línea artesanal de producción de joyas de plata en Bogotá.

Palabras clave: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA, PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, DESARROLLO SOSTENIBLE, DESARROLLO HUMANO, ECODISEÑO.

Abstract

This paper reviewed the methodology of Life Cycle Assessment (LCA), and proposed a number of tools, supported by the theoretical concepts of sustainable development and human development, may be used in the LCA to assess the sustainability of small production systems, which currently only assesses the biophysical impacts. Additionally, the proposed methodology was applied to an example in the evaluation of a production line of handmade silver jewelry in Bogotá.

Keywords: LIFE CYCLE ASSESSMENT, CLEANER PRODUCTION, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, HUMAN DEVELOPMENT, ECODESIGN.

Contenido

	Pág.
Resumen	V
Lista de figuras	VII
Lista de tablas	VIII
Introducción	1
1. Capítulo 1 Desarrollo sostenible y producción	5
1.1 Producción limpia	10
1.2 Consumo sostenible	11
1.3 Desarrollo Humano	12
2. Capítulo 2 Análisis del Ciclo de Vida (ACV)	15
2.1 Caracterización del ACV	16
2.2 Referentes de métodos de evaluación de los impactos ambientales en sistemas productivos	18
2.2.1 Eco-diseño	20
2.2.2 Herramientas de evaluación ambiental en las metodologías del Eco-diseño	21
3. Capítulo 3 Metodología de la tesis	23
3.1 Implementación de la Metodología	23
3.2 Análisis crítico del ACV	24
3.2.1 Revisión de los conceptos del ACV	25
3.2.2 Etapas del ACV según la normalización de la ISO 14041	26
3.2.3 Identificación de las debilidades del ACV a través del análisis DOFA	29
3.3 Ergoecología	31
3.3.1 Sistema ergonómico PESTE	32
3.4 Indicadores	34
3.5 Propuesta de herramientas para ser utilizadas en la metodología del ACV	34
3.5.1 Propuesta de matriz PESTE	36
4. Capítulo 4 Ejemplo de Aplicación de las herramientas propuestas para ACV	55
4.1 Joyería en plata	55
4.1.2 Proceso productivo de la joyería	56
4.1.3 Producción en Colombia	57
4.1.4 Problemática ambiental relacionada con la producción de joyas en plata.	58
4.2 Aplicación de la metodología del ACV con las herramientas propuestas.	59
4.2.1 Descripción de la utilización de las herramientas propuestas	60
5. Conclusiones y recomendaciones	63
5.1 Conclusiones	63
5.2 Recomendaciones	64
A. Anexo: ACV del taller 2	66
B. Anexo: Impacto de los talleres	77
Bibliografía	83

Lista de figuras

	Pág.
Figura 3-1. Ciclo de vida del producto	25
Figura 3- 2. Ergoecología.....	32
Figura 3- 3. PESTE	33
Figura 3- 4. Diagrama de flujo general	45

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3- 1. Indicadores a nivel mundial.....	35
Tabla 3- 2. Matriz de indicadores a nivel mundial relacionados con los factores PESTE	36
Tabla 3- 3. Impactos PESTE	37
Tabla 3- 4. Clasificación de impactos IAP.....	41
Tabla 3- 5. Evaluación de impactos IAP	42
Tabla 3- 6. Matriz de evaluación de impactos PESTE	46
Tabla 3- 7. Guía de caracterización de la empresa.....	51

Introducción

El análisis de ciclo de vida (ACV) se encarga de examinar y analizar los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de una actividad. Este análisis incluye los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y de energías necesarias para su elaboración, las emisiones y los residuos generados en el proceso de producción, así como los efectos ambientales procedentes del fin de vida del producto cuando se consume o no se puede utilizar.

El ACV es una metodología utilizada a nivel mundial y se encuentra estandarizada mediante las guías de la serie ISO 14000, como sistema de evaluación para determinar los impactos ambientales de los sistemas productivos. Teniendo en cuenta lo anterior se debe resaltar que en la actualidad el ACV se viene desarrollando sin tener en cuenta algunos aspectos fundamentales de la sostenibilidad, como son los factores sociales, culturales y económicos, que en este momento no están incorporados en una adecuada aplicación, por este motivo surge la propuesta de incluir una visión integral de los impactos ambientales a la metodología del ACV, para tomar decisiones en un sistema productivo encaminado a la sostenibilidad ambiental.

Este trabajo, tiene como objetivos, establecer la importancia de incluir factores propios de la sostenibilidad ambiental en la metodología del ACV, determinar claramente estos factores para proponer herramientas en la tercera etapa del ACV normalizado por la ISO 14040, y proponer finalmente una matriz de evaluación de impactos a través de las cinco categorías de sistema ergonómico PESTE¹: Político-jurídicos, Económico-financieros,

¹ Metodología para revisar las interacciones y los factores del entorno que afectan un sistema-producto (García, 2002).

Socio-culturales, Técnico-científicos y Ecológico-geográficos, con el fin de identificar y evaluar los impactos de cualquier sistema productivo, más allá de solo considerar los impactos al medio biofísico como actualmente se realiza.

De acuerdo a lo anterior, se propone en segunda instancia evaluar las limitaciones de esta metodología (ACV) frente a la evaluación de la sostenibilidad. En tercera medida, a partir de la identificación de los referentes teóricos que permiten contextualizar el ACV en el concepto del desarrollo sostenible, se determinarán los factores ambientales e indicadores que se deben incluir en el análisis para construir una metodología modificada de ACV, que permita la evaluación de la sostenibilidad de un sistema productivo.

Finalmente la propuesta se aplicará a una pequeña línea de producción, como refuerzo a las comprobaciones y posterior consolidación de las herramientas utilizadas.

Para alcanzar los objetivos propuestos, el trabajo se encuentra dividido en tres partes esenciales, la primera constituye el marco conceptual y se titula el desarrollo sostenible, contiene los elementos teóricos básicos, que permiten entender el abordaje de los procesos productivos, a partir de la crisis ambiental actual.

A partir de esta primera parte, se presenta un segundo capítulo denominado análisis del ciclo de vida (ACV), en el cual se contextualiza esta metodología utilizada actualmente para evaluar los impactos de una línea de producción; así como los métodos que emplea y las herramientas que utiliza para lograrlo.

En el tercer capítulo denominado metodología, se revisa el ACV a partir de los conceptos propios del desarrollo sostenible, con el fin de entender la importancia de contar con una herramienta que incluya elementos de evaluación de sostenibilidad, igualmente se continúa con la construcción de dichos elementos de evaluación a través de una metodología tan versátil como el ACV; finalmente se hace una propuesta de herramientas para ser incluidas en el ACV, como resultado del enfoque de la metodología PESTE.

En el capítulo 4 se desarrolla una aplicación de la metodología propuesta en un proyecto de producción de joyas en Plata en Bogotá, tomando como caso de estudio 4 talleres, el fin es observar la problemática existente en los procesos que se aplican y los errores que allí surgen, cuando se dejan de lado algunos elementos que deberían ser esenciales en esta visión. Se incluyen los resultados de la aplicación de la metodología propuesta y finalmente se presentan las conclusiones frente a los objetivos planteados en este trabajo.

Capítulo 1 Desarrollo sostenible y producción

En medio de la preocupación mundial por la crisis ambiental actual, crece la búsqueda hacia la sostenibilidad del modelo económico, lo cual implica directamente la insostenibilidad de este modelo producto de la civilización industrial (Naredo, 2004), sin embargo, esto no se ha traducido en un replanteamiento del mismo; A continuación se presenta el concepto del desarrollo sostenible enfocado a los sistemas productivos, sobre el cual se elabora la propuesta de este trabajo.

El concepto desarrollo sostenible o sustentable, se aplica al desarrollo socio-económico y la sostenibilidad ambiental y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland en 1987 (UN,1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en la Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. A partir de este informe el concepto se popularizo y la definición se reafirmó en el Principio 3º de la Declaración de Río (1992): “*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades*”. Por lo tanto el concepto de desarrollo sostenible tiene como fin general “mejorar la calidad de la vida humana, mientras se vive dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas de apoyo” (PNUMA/IMA, 1999).

Aunque es un concepto difícil de precisar (Goñi & Goin, 2006; Williams & Millington, 2004), es un punto de partida hacia la discusión teórica y la idea de sostenibilidad (Naredo, 2005), desde el cual los países a través de procesos políticos como la Cumbre

de la Tierra de 1992², han acordado que el desarrollo debe ser sostenible, esto significa según Dalal-Clayton y Bass (2002), que las naciones son capaces de lograr el desarrollo económico y social, sin degradar el ambiente a niveles irreversibles, de manera tal que se protejan los derechos y oportunidades de las generaciones venideras como lo plantea el Plan de Implementación de Johannesburgo³.

El concepto del desarrollo sustentable, planteado en el marco internacional, y descrito en el párrafo anterior es, según Leff, (2005) un discurso hacia la mercantilización de la naturaleza, por que actualmente el razonamiento económico ha llevado a una sobreeconomización del mundo, con patrones de consumo y producción contrarios a la sustentabilidad planetaria que se fundamenta en la diversidad ecológica y cultural, la naturaleza ha sido cosificada como materia prima y es a través de los acuerdos multilaterales ambientales que los regímenes comerciales prevalecen, mercantilizando los bienes naturales y evaluando económicamente los riesgos ambientales; este concepto es además, según Naredo (2004), un tema que mantiene al crecimiento económico en un pedestal colocando la discusión lejos de la problemática ecológica y ambiental.

El "futuro común" es, según Leff (2005), una excusa del desarrollo sustentable para enfocarse en el discurso economicista del crecimiento sostenible, que finalmente nos lleva a una racionalidad productiva, en términos de valor de uso, en oposición a la racionalidad ambiental, con la cual debe repensarse el sistema de producción a partir de los potenciales ecológicos de la naturaleza y el significado de la misma dado por la cultura, es replantear la relación naturaleza, producción y desarrollo, es una sostenibilidad socio-ecológica definida por Gallopin, (2003), como la interacción constante entre sociedad-naturaleza.

² Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocida como la Cumbre de la Tierra, que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil del 3 de junio al 14 de junio de 1992

³ Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que tuvo lugar en Johannesburgo, Sudáfrica del 26 de agosto al 4 de septiembre del 2002. (Naciones unidas, 2002).

Para Leff (2010), la sustentabilidad, es el límite que reorienta el proceso civilizatorio de la humanidad y es a partir de esta sustentabilidad ecológica que se debe reconstruir el sistema económico, teniendo como eje un desarrollo durable que problematice los valores sociales y la producción, reconociendo la función que cumple la naturaleza como soporte y potencial del proceso productivo; de igual manera Naredo (2004) y Bermejo et al (2010), consideran que los términos, sostenibilidad y desarrollo, relacionados con crecimiento económico, son contradictorios, porque el crecimiento económico lleva al deterioro ambiental, lo que genera, además de conflictos de distribución económica, conflictos de distribución ecológica (Alier, 2001).

La crisis ambiental que se vive actualmente ha sido generada por la irracionalidad ecológica (Leff, 2010), de los patrones dominantes de producción y consumo que no han visto al sistema económico inmerso dentro de un sistema físico-biológico que lo contiene y le da límites y sustentabilidad (Falconi, 2005); es una crisis por el desarrollo de la razón tecnológica por encima de la organización de la naturaleza en un modelo económico tradicional que no ha integrado las externalidades sociales, los saberes, la complejidad, la diversidad, los valores éticos y estéticos, un sistema económico que no logra el potencial sinérgico de los procesos ecológicos, tecnológicos y culturales. Vale la pena mencionar, que entre los criterios que Falconi (2005), plantea para aplicar el desarrollo sostenible se encuentra la tecnología limpia, es decir, un proceso tecnológico que aumente la eficiencia⁴ en vez de aumentar la productividad.

Por lo tanto y según Leff (2010), el desarrollo sostenible pasó de ser un concepto crítico en su nacimiento, a ser un concepto estratégico del orden económico dominante, en el cual el ambiente quedó atrapado en el crecimiento sostenible, ya que propone un crecimiento sin justificar la capacidad del sistema económico para integrar las condiciones ecológicas y sociales, no da bases para reconstruir la sociedad industrial (Naredo, 2004); es además un termino genérico por lo cual fue ampliamente aceptado (Bermejo et al, 2010) y un término ambivalente ya que al traducir "sustainability" (leff, 2010), ya sea como sustentable o sostenible, implica el proceso económico como condición para la sustentabilidad ecológica; cuando en realidad es la sustentabilidad una

⁴ Captar un nivel de producción con el menor uso de recursos naturales (Falconi, 2005)

condición para el desarrollo entendido como la satisfacción de las necesidades y aspiraciones humanas (Bermejo et al, 2010); Para Naredo (2004), esta dosis controlada de ambigüedad fue diseñada buscando la aprobación de economistas tradicionales.

Según Leff (2010), las políticas del desarrollo sostenible diluyen y pervierten el concepto de ambiente (Bermejo et al, 2010), por que reducen todo a un valor de mercado, pero son dimensiones muy diferentes, el sistema monetario y productivo y el sistema físico (Naredo, 2004), además de las dimensiones sociales (Falconi, 2005), las políticas de desarrollo sostenible ayudan también a negar las causas reales de la crisis socio-ambiental que pone en riesgo nuestra supervivencia, esta crisis es el resultado de diversos procesos antropogénicos.

Para Leff (2010), el desarrollo sostenible implica crecimiento económico, por lo tanto el camino hacia la sostenibilidad está en dejar la economización de la naturaleza, la cual es vista como un medio de producción y fuente de riqueza, y ecologizar la economía, de tal manera que el paradigma económico se fundamente en los límites y leyes de la naturaleza, los potenciales ecológicos y la creatividad humana.

Naredo (2004), plantea dos tipos de sustentabilidad, la sustentabilidad débil, relacionada con la economía tradicional, es decir en la cual prevalece el crecimiento económico, y la sustentabilidad fuerte, la cual se basa en la economía física que es la termodinámica y la economía de la naturaleza que es la ecología; la sostenibilidad de la biosfera se da entonces a partir de la posibilidad que los sistemas físicos tienen de abastecerse de recursos y de deshacerse de los residuos así como su capacidad para controlar las pérdidas de calidad que afecten su funcionamiento, estos aspectos también dependen del comportamiento de los sistemas sociales que los organizan y mantienen, además de la referencia espacio-temporal (Alier, 2001), indicada como sostenibilidad local, parcial o global (Naredo, 2004).

En busca de un crecimiento que respete los límites biofísicos se encuentra la economía ecológica, en la cual se redefine el sistema ecológico y la noción de sostenibilidad y se plantean otras formas de valoración para el stock de capital natural, ya que los componentes no son necesariamente ni homogéneos ni sustituibles (Naredo, 2014), incluyendo indicadores de bienestar humano (Alier, 2001); además de entender la

economía como un sistema social y físico abierto al flujo de materia y energía y la salida de calor disipado y residuos (Falconi, 2005).

Según Bermejo et al (2010), la definición del Informe Brundtland, de desarrollo sostenible no apoya el crecimiento ilimitado, solo aquel necesario para alcanzar satisfacción de las necesidades humanas esenciales, y considera importante, mejorar la organización social y garantizar una distribución más equitativa, también considera importante el desarrollo tecnológico aunque no lo considera la solución ideal, se refiere a la sostenibilidad como la dimensión ambiental y es de esta de quien depende la supervivencia, y de igual manera plantea la necesidad de transformar de forma radical el modelo actual de producción y consumo a partir de planes estratégicos.

Es, según Bermejo et al (2010), que a partir de este informe se generan varias interpretaciones fraudulentas y abusivas, que pretenden desviar la atención de "la piedra angular" del sistema económico: el crecimiento ilimitado; se plantean teorías tales como la teoría de la triple sustentabilidad⁵ y la teoría de la desmaterialización⁶, cuya intención es diluir el concepto de sustentabilidad, y son el resultado de la reacción defensiva de los grupos de poder económicos mundiales para volver al sistema económico dominante.

El desarrollo sostenible se diferencia de la sostenibilidad por que agrega el concepto del cambio, lo cual implica que no debe evitarse la transformación sino la destrucción de las fuentes de renovación. Lo que debe hacerse sostenible es el proceso de mejoramiento de la calidad de vida (desarrollo humano) este replanteamiento de progreso es lo que define al desarrollo sostenible. Por lo tanto, "mas que preservar, es aumentar la capacidad social y ecológica frente al cambio, ampliando las opciones para confrontar un mundo natural y social en permanente transformación" (Gallopín, 2003).

⁵ Teoría aplicada por el Banco Mundial, en la cual se toma un concepto muy genérico y se incluye en la sostenibilidad la dimensión económica, social y ambiental; contraria a la propuesta de el Informe Brundtland, en el cual la dimensión económica y social se abarcan en el desarrollo y la dimensión ambiental en la sostenibilidad para darle mas peso a esta dimensión (Bermejo et al, 2010).

⁶ Teoría que plantea la posibilidad de seguir creciendo ilimitadamente pero usando menos recursos a partir del desarrollo tecnológico (Bermejo et al, 2010)

De esta manera, el desarrollo sostenible, al ser planteado como un concepto ambivalente puede ser utilizado como justificación hacia la permanencia del modelo económico actual, basado en un crecimiento industrial y consumista, que lleva a la mercantilización de la naturaleza; pero también puede asumirse desde el concepto de sostenibilidad como dimensión ambiental y social, apoyada en un crecimiento limitado por los factores biofísicos.

El desarrollo sostenible se define para el fin de este trabajo, como un proceso mediante el cual un sistema mejora la calidad de vida a través del tiempo. Este tipo de desarrollo es más que la suma de sus partes, y esta mejora constante no es necesariamente crecimiento económico, aunque es una manera de conseguirlo, y además el crecimiento económico no es solamente crecimiento material (Gallopín, 2003). El desarrollo sostenible global, la seguridad, el bienestar y la supervivencia del planeta dependen de cambios en el modelo económico (Bermejo et al, 2010), por lo tanto también de cambios fundamentales en la forma en que las sociedades producen y consumen (McHarry, Strachan, Ayre & Callway, 2005; IHOBE, 2010). Consecuentemente, todos los procesos productivos deben encaminarse hacia procesos de producción sostenibles, que no alteren los recursos naturales (Purvis & Grainger, 2004; Ayre & Callway, 2005; Fiori, 2006; Newman & Jennings, 2008), acompañados en un proceso sistémico de construcción con instrumentos y metodologías de evaluación. A continuación se presentan los conceptos que el desarrollo sostenible amplía en torno a la producción y el consumo.

1.1 Producción limpia

El concepto de producción más limpia, fue establecido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el año de 1989 y fue definido como “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada y aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente” (PNUMA, 1999). La aplicación de este concepto, como se ha hecho referencia hasta el momento, ocurre en la industria, especialmente en el análisis de ciclo de vida (ACV).

Este enfoque busca desarrollar mayor eficiencia en la utilización de los recursos o materias primas y recursos energéticos con el fin de prevenir o disminuir los impactos ambientales y guiar los procesos industriales hacia el desarrollo sostenible, evitando que se incrementen simultáneamente la productividad y la competitividad. Además, se debe dejar en claro que el objetivo principal de la industria es transformar la materia prima en producto, bien o servicio comerciable y la generación de residuos y emisiones durante el proceso son considerados una pérdida y una mala utilización de la materia prima, lo que representa un costo adicional en la producción, de la misma forma la generación de residuos implica impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final, además de los impactos sociales y físico-bióticos asociados al deterioro de la calidad de vida de las comunidades (Arroyave, & Garcés, 2006; Chapman & Gant, 2007; Cote, Tansey & Dale, 2006; McHarry, Strachan, Ayre & Callway, 2005; Parto & Herbert-Copley, 2007).

La producción más limpia es la estrategia propuesta en la agenda 21 en la cumbre de la tierra organizada por las Naciones Unidas en 1992 y ratificada en el 2005, para fortalecer el papel del comercio y la industria en el desarrollo sostenible (United Nations, 2009).

1.2 Consumo sostenible

El concepto consumo sostenible se definió en 1994 y fue adoptado por la tercera sesión de la Comisión para el Desarrollo Sostenible (CSD III) en 1995: El consumo sostenible se refiere "Al uso de bienes y servicios que responden a necesidades básicas y proporcionan una mejor calidad de vida, al mismo tiempo que minimizan el uso de recursos naturales, materiales tóxicos y emisiones de desperdicios y contaminantes sobre el ciclo de vida, de tal manera que no se ponen en riesgo las necesidades de futuras generaciones" (PNUMA, 1999).

El consumo sostenible se puede entender como una serie de cambios en el comportamiento de los usuarios mediante la selección, compra, uso, mantenimiento, reparación y eliminación de cualquier producto o servicio, para mayor eficiencia en el

consumo de energía y recursos, la minimización de residuos y hábitos de compra más racionales ambientalmente⁷; estos cambios se deben adoptar como parte de una estrategia conjunta, ya que no se puede pensar que la sostenibilidad se alcanza sólo con la eficiencia en el uso de materias primas y la reducción de la contaminación y de los impactos, el camino a una sociedad más sostenible requiere un cambio real y radical en el comportamiento de los consumidores individuales y los patrones insostenibles de producción (Newman & Jennings, 2008; Bekin, Carrigan & Szmigin, 2007; Boada, Rocchi & Kuhndt, 2005; Vliet, Chappells & Shove, 2005; Myers & Kent, 2003; Myers, 2000).

Después de analizar el concepto de desarrollo sostenible aplicado a la industria, el cual enfatiza reiteradamente en mejorar la calidad de vida, se presenta a continuación el concepto de desarrollo humano sostenible, para entender la importancia de incluirlo en la modificación de la metodología del ACV que se propone en este trabajo.

1.3 Desarrollo Humano

A diferencia del desarrollo sostenible y el consumo sostenible, el desarrollo humano trata de ubicar a los seres humanos en el centro del desarrollo⁸, busca garantizar el ambiente necesario para que las personas y los grupos humanos puedan desarrollar sus potencialidades y así llevar una vida creativa y productiva conforme con sus necesidades, intereses y valores, mediante un proceso con el cual se amplían las oportunidades de los individuos, entre las más importantes están, una vida prolongada y saludable, acceso a la educación y el disfrute de un nivel de vida decente⁹ (Morse, 2004; Easterlin, 2000).

Por lo tanto y como su amplia y profunda definición lo indica, si no se logran estos requerimientos básicos, es por la falta de oportunidades y alternativas, que para Temkin

⁷ Definition de la Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): http://www.oecd.org/document/58/0,3343,en_2649_34331_2397498_1_1_1_1,00.html

⁸ El reporte de desarrollo humano (HDR), del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP) fue publicado por primera vez en 1990 (UNDP, 1990).

⁹ Definición del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <http://www.pnud.org.co/...>

y Del Tronco (2006) van desde oportunidades políticas, económicas y sociales y que llevan a la creatividad y la autoexpresión, pasando por la sensación de libertad individual y de confianza en los demás, hasta llegar al respeto por si mismo y el sentido de pertenencia con la comunidad. La importancia de enfoque del desarrollo humano radica en la idea de que el desarrollo es la garantía de la libertad y las capacidades humanas, para que las personas elijan lo que quieren hacer y lo que quieren ser¹⁰ (PNUD, 2005).

El desarrollo humano reconoce la importancia de proteger las oportunidades de las generaciones futuras, tal y como se define en el desarrollo sostenible, pero insistiendo en la calidad de lo que se planea sostener, es decir, protegiendo también la calidad de vida de las generaciones actuales; la integración del progreso humano, (social y económico) y la conservación del ambiente es uno de los grandes desafíos del mundo moderno (Anand & Sen, 1994) y a dado lugar para que los términos desarrollo humano y desarrollo sostenible converjan en el concepto de desarrollo humano sostenible como aquel que cumple simultáneamente con tres objetivos, i) la expansión del ingreso, ii) el desarrollo social y iii) la protección ambiental (López, 2002), todo esto se logra básicamente con el cumplimiento de los derechos humanos (Hamm, 2001; PNUD, 2000).

Es importante resaltar entonces, que este concepto debe relacionarse con el desarrollo sostenible de los sistemas productivos, vinculándose a las estrategias que la industria implementa para acercarse al desarrollo sostenible y al desarrollo humano, comprendiendo también la necesidad de analizar desde esta perspectiva el ACV, con el fin de integrar los conceptos antes mencionados a este sistema de evaluación, ya que a pesar de ser uno de los más completos y el más utilizado en su campo, necesita ser complementado para que cumpla con los parámetros que se plantean en el concepto del desarrollo sostenible y humano. En el capítulo siguiente se contextualiza el análisis del ciclo de vida (ACV), a partir de una descripción sobre el mismo, el lugar que ocupa en otras metodologías y algunas herramientas que lo complementan.

¹⁰ Los Objetivos del Desarrollo Humano fueron ratificados con los Objetivos de Desarrollo del Milenio por las Naciones Unidas (PNUD, 2000).

2. Capítulo 2 Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

La preocupación mundial por los problemas ambientales derivados de la producción industrial, que han manifestado gobiernos, empresas e incluso consumidores interesados en saber como han sido elaborados los productos que consumen, ha llevado al desarrollo de estrategias a través de acuerdos mundiales y normativas internaciones que permitan sistemas de producción eficientes con el ambiente, entre estas metodologías surge el Análisis del Ciclo de Vida, el cual se encarga de abordar y analizar los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de una actividad productiva, ya que la producción y consumo sostenibles, solo se lograrán si se piensa en el impacto ambiental en cada etapa de toma de decisiones en el campo industrial y de consumo.

En este análisis se incluyen los productos, los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y de energías necesarias para su elaboración, las emisiones y los residuos generados en el proceso de producción, así como los efectos ambientales procedentes del fin de vida del producto cuando se consume o no se puede utilizar.

Adicionalmente, se debe agregar que en el análisis de ciclo de vida (ACV), es una metodología de índole internacional, que se proyecta en el marco de la gestión ambiental con el fin de analizar la dinámica de la materia y la energía en los sistemas productivos y la forma de hacerla más eficiente a través de mejorar los procesos en todos las fases de la producción. Este capítulo pretende describir el ACV y su inclusión en el contexto del desarrollo sostenible, principio relacionado con la sostenibilidad y las directrices del sector productivo sobre el manejo de un producto y la forma en que las sociedades hacen uso de él.

Vale la pena mencionar que el análisis del ciclo de vida según Naredo, (2001), es una herramienta que puede enfocarse desde la economía ecológica, ya que permite cerrar y analizar el ciclo completo de la utilización de materiales y recursos en la fabricación de un producto, con lo cual tiene la visión sistémica propia del enfoque antes mencionado, pero no es suficiente para revisar de manera amplia el deterioro que ocasiona ese producto, que desde el sistema económico impacta sobre el patrimonio natural; lograr un sistema que lo permita sería posible solo a través de la concertación de grupos de trabajo con convenciones, metodologías, nuevos sistemas contables y acuerdos internacionales, además de una voluntad política firme que amplié los criterios económicos actuales y que finalmente nos llevaría a conocer el deterioro ecológico real más allá del análisis económico estándar.

2.1 Caracterización del ACV

El primer ACV fue realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, denominado “Análisis del perfil ambiental y de recursos” y se realizó con la intención de disminuir el consumo de recursos y la cantidad de emisiones al ambiente (Chacon, 2008). El MRI siguió realizando ACV junto a otros grupos de investigación, usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía (Romero, 2003).

En los años ochenta la aplicación del ACV se incrementó y se gestaron dos cambios importantes: los métodos para cuantificar el impacto del producto en distintas categorías de problemas ambientales y la disponibilidad para el uso público de los estudios de ACV.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) es la principal organización que ha desarrollado y liderado las discusiones científicas acerca del ACV. En 1993, formuló el primer código internacional: Código de prácticas para el ACV (Code of Practice for Life Cycle Assessment), con el fin de homogeneizar los diversos estudios realizados para que siguieran una misma metodología. Posteriormente, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) apoyó este desarrollo para establecer la estructura de trabajo, uniformizar los métodos, los procedimientos y la terminología (Romero, 2003).

De forma general se puede decir que “El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto. Básicamente, se enfoca al rediseño de productos bajo el criterio en el cual los recursos energéticos y materias primas son limitados y normalmente se utilizan más rápido que como se reemplazan o como surgen nuevas alternativas. Por tal motivo, la conservación de recursos privilegia la reducción de la cantidad de residuos generados (a través del producto), pero ya que éstos se seguirán produciendo, el ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable – desde el punto de vista ambiental – minimizando todos los impactos asociados con el sistema de manejo (Forum Ambiental, 2003; Ludevid, 2000; Romero, 2003; Vince et al, 2008).

En este mismo sentido se puede citar el concepto de Aranda, que define el ACV como: “... un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales, asociadas a un producto, proceso o actividad, esto se lleva a termino identificando la energía, la materia utilizada y los residuos de todo tipo de vertido al medio; determinando el impacto de este uso de energía, de materiales y de descargas al medio; evaluando e implementado practicas de mejora ambiental" (Aranda, A. et al. 2006).

En el contexto de este trabajo, el ACV se definirá como una metodología que permite evaluar los impactos de un producto en cada una de las etapas de su ciclo de vida, con el fin de determinar su sostenibilidad; para lo cual incluye indicadores de evaluación de factores políticos, económicos, socio-culturales, tecnológicos y ecológicos.

Es importante resaltar que el ACV fue propuesto por las Naciones Unidas¹¹ como herramienta de la producción limpia, por ser un elemento importante en el desarrollo del concepto de ciclo de vida y la gestión ambiental; lo anterior se relaciona directamente con la metodología que se propone en este trabajo de investigación, la cual busca integrar la

¹¹ En este sentido, se debe recordar que el concepto de Ciclo de Vida hace parte de la definición que en 1989 las Naciones Unidas (PNUMA, 1999) hacen de la Producción más Limpia, un programa desarrollado con el fin de implementar estrategias para que la producción de bienes y servicios logre mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales, materias primas e insumos y minimizar la generación de residuos, la contaminación y los riesgos ambientales. Actualmente las Naciones Unidas reconocen que el análisis de ciclo de vida es capaz de identificar el flujo de materiales y de energía, y los impactos resultantes a través de las diferentes etapas de un proceso productivo, sin embargo, es necesario un estudio sistémico y un modelo de gestión para atender los impactos de manera integral (PNUMA, 2004).

visión compleja de los impactos ambientales a la metodología del ACV, para tomar decisiones en sistemas productivos encaminados a la sostenibilidad ambiental.

De acuerdo con lo anterior y aplicando el análisis del desarrollo sostenible al sector productivo, queda claro que los impactos ambientales estarán asociados al ACV¹², y las acciones dirigidas a reducir estos impactos se deben aplicar directamente en el proceso (Cote, Tansey & Dale, 2005; Fiksel, 1997, Ludevid, 2000) lo cual se define como Eco-eficiencia¹³ y tiene como fin disminuir los residuos y utilizar los recursos de manera eficiente, de esta manera las empresas reducirán costos y serán más competitivas.

En el capítulo siguiente se hará una descripción de los métodos de evaluación de impactos que actualmente aplica la industria para evaluar la sostenibilidad en sus líneas de producción, para entender el contexto en el cual se enmarca el ACV y poder evidenciar la baja inclusión de los factores sociales en los criterios de evaluación.

2.2 Referentes de métodos de evaluación de los impactos ambientales en sistemas productivos

A partir del concepto de desarrollo sostenible, la industria empieza a adoptar el modelo de la ecología industrial que busca "reducir el consumo de materias primas y energía hasta valores que la biosfera pueda reemplazarlos y que las emisiones y los residuos se reduzcan hasta valores que la biosfera pueda asimilarlos" (Capuz et al, 2004, p.33). Este es un modelo de organización y producción que se aplica a través de tres estrategias: eco-eficiencia, gestión ambiental y parques eco-industriales.

¹² El ciclo de vida de un producto hace referencia a todas las etapas durante su producción, desde la concepción inicial hasta su disposición final (Capuz et al, 2004).

¹³ Según el diccionario terminológico de contaminación ambiental, la Eco-eficacia (eco-efficiency): Es la maximización de la producción industrial a partir de un nivel dado de aportación de recursos, asegurando así la minimización de residuos y el apropiado uso de recursos humanos y naturales, renovables y no renovables. (Martín & Santamaría, 2000).

- i. La eco-eficiencia es el conjunto de objetivos orientado a la reducción de la contaminación a lo largo del ciclo de vida de los productos sin descuidar sus cualidades técnicas y económicas (Capuz et al, 2004); lo que significa utilizar menos recursos para mejorar los productos y servicios a la vez que se reducen los impactos negativos ambientales y sociales (Visser, Matten, Pohl & Tolhurst, 2008; Cote, Tansey & Dale, 2006; WBCSD & UNEP, 1998). Actualmente es promovida por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y fue definida en 1992 como: "la entrega de bienes a precios competitivos y servicios que satisfagan las necesidades humanas y mejoren la calidad de vida, mientras reducen progresivamente los impactos ecológicos y el uso intensivo de los recursos durante todo el ciclo de vida hasta un nivel al menos en línea con la capacidad de carga estimada de la Tierra. En resumen, se ocupa de crear más valor con menos impacto"¹⁴.
- ii. La Gestión ambiental¹⁵ tiene como función cumplir los compromisos empresariales con la ecología industrial a partir de la aplicación de políticas y la implementación de estrategias de acuerdo a cada empresa (Boada, Rocchi & Kuhndt, 2005). Básicamente la gestión ambiental a través de la planificación en lo relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente, debe lograr tres metas: identificar objetivos, determinar si estos se pueden realizar y desarrollar y aplicar los medios para hacer lo que considere posible, todo esto por medio de un trabajo interdisciplinar (Barrow, 1999).
- iii. Los parques eco-industriales son zonas industriales diseñadas para que los flujos de entrada y salida de materia y energía se reduzcan, incluso desde los productos que se fabriquen, para que como residuos vuelvan se incorporen al sistema de producción, o entren a formar parte de otro sistema productivo.

Por lo tanto, para los fines de este trabajo se establece que la industria puede implementar el concepto de desarrollo sostenible empleando el modelo de la ecología industrial, en donde se aplica como estrategia la eco-eficiencia, a partir de diferentes

¹⁴ Web WBCSD

<http://www.wbcd.org/Plugins/DocSearch/details.asp?DocTypeId=25&ObjectId=MTc5OTI>

¹⁵ La gestión ambiental esta normalizada a través de la norma ISO 14001 (ICONTEC, 2000).

metodologías: Ecodesign, Life Cycle Design, EDIP method (Environmental Design of Industrial Products) y EcoRedesing¹⁶ (Capuz et al, 2004), estas cuentan con diferentes herramientas, una de las cuales es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), método con el cual se evalúan los impactos ambientales de los sistemas productivos.

Es importante reconocer además, que estas estrategias están en construcción permanente (Boada, Rocchi & Kuhndt, 2005), tal como ocurre con los conceptos relacionados con el desarrollo sostenible.

2.2.1 Eco-diseño

Entre las metodologías utilizadas para la evaluación de los impactos ambientales de una línea de producción, la más extendida a nivel mundial es el Ecodiseño o diseño respetuoso con el ambiente (DfE) (Capuz et al., 2004; Rieradevall & Vienyets, 1999).

Este, en la etapa inicial de diseño de productos (Blount et al., 2003), incluye los principios de las diferentes metodologías, enfocándose en el producto, en las necesidades y/o en los resultados (Fletcher & Goggin, 2001) y complementa el desarrollo sistemático de productos con especificaciones ambientales, teniendo como principal objetivo la eco-eficiencia y la calidad, reduciendo los impactos ambientales y manteniendo durante el ciclo de vida, si no es posible mejorarlas, las características del producto¹⁷, sistema o servicio (Thorpe, 2007; Ordoñez, Diaz, & Orviz, 2007; Aranda et al, 2006; Boada, Rocchi & Kuhndt, 2005; Wimmer & Züst, 2003; Birkeland, 2002; Lewis, Gertsakis, Grant, Morelli & Sweatman, 2001).

Esta metodología tiene su origen en Holanda a través de sucesivos proyectos de investigación en los años 90's (Capuz et al, 2004). Aunque no existe una guía estandarizada a nivel mundial, entre las guías mas utilizadas para la aplicación del Eco-diseño se encuentran: PROMISE y ECODESIGN PILOT (Capuz et al, 2004; Universidad de Tecnología de Viena, 2009)

¹⁶ Ecodesign: ecodiseño o diseño respetuoso con el medio ambiente; Life Cycle Design: diseño para el ciclo de vida; EDIP method (Environmental Design of Industrial Products): método para el diseño de productos industriales con consideraciones ambientales; EcoRedesing: Ecorediseño, rediseño de productos con criterios ambientales (Capuz et al., 2004).

¹⁷ Esta metodología actualmente se incluye en las normas UNE (Unificación de Normas Españolas) en la Norma UNE 150.301 (Ihobe, 2008).

Estas guías permiten entender las etapas por las que pasa un producto, como se concibe su producción y en que momento se toman decisiones de acuerdo a herramientas de evaluación ambiental. En términos generales con estas metodologías se aplica el eco-diseño a partir de varias fases: selección del producto, formación del equipo, definición del marco del proyecto, preparación, análisis de ciclo de vida, estrategias, comunicación, implementación y desarrollo del producto y gestión ambiental. A continuación se presentan las herramientas más utilizadas en el Eco-diseño, aunque no se encuentran estandarizadas en esta metodología y es el evaluador quien las escoge libremente.

2.2.2 Herramientas de evaluación ambiental en las metodologías del Eco-diseño

En el Ecodiseño Las herramientas más utilizadas son cuantitativas y/o cualitativas, como la matriz MET, los ecoindicadores, la rueda de LiDS y el ACV, estas herramientas se apoyan en la utilización de diferentes recursos informáticos (IHOBE, 2008; Aranda et al, 2006; Capuz et al, 2004):

- Herramienta cualitativa

Rueda de LiDS (Lifecycle Design Strategies): esta rueda de estrategias, más que una herramienta es una fuente de ideas que permite la generación de alternativas de diseño, agrupadas en grupos de decisiones simultaneas a lo largo del proceso de desarrollo del producto y a partir de las fases del ciclo de vida (Hemel & Keldmann,1996), utiliza como sistema de evaluación, una puntuación de 0 a 5 que adjudica el evaluador según su propio criterio en cada una de las cinco fases.

- Herramienta cuantitativa

Eco-indicadores: son funciones que en base a los valores de contaminación medidos para un producto, calculan un valor de impacto ambiental¹⁸. El Eco-indicador de un material o proceso es un número que indica el impacto ambiental unitario de dicho

¹⁸ Listado de Eco- indicadores 99, (Ministry of Housing, Spatial Planning and Enviroment, 2000)

material o proceso, a partir de los datos obtenidos del Análisis de su Ciclo de Vida por científicos y expertos (IHOBE, 2008; Aranda et al., 2006; IHOBE, 2010).

El Eco-indicador es una metodología especialmente destinada al diseño de productos, siendo una sólida herramienta a la hora de interpretar los resultados de los ACV mediante sencillas unidades llamadas Eco-indicadores. Los valores estándar de los Eco-indicadores utilizan como base el “punto Eco-indicador” (Pt); En las listas de Eco-indicadores se emplea normalmente la unidad de milipuntos (mPt), el valor absoluto de los puntos no es demasiado relevante ya que el objetivo principal es el de comparar las diferencias relativas entre productos o componentes. La escala se ha elegido de tal forma que el valor de 1 Pt represente 1 centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano europeo medio (IHOBE, 2008; IHOBE, 2010).

- Herramientas mixtas

Estas herramientas utilizan valores cualitativos y/o cuantitativos, en esta clasificación se encuentra el análisis de ciclo de vida (ACV) ya descrito con anterioridad.

Matriz MET: (Materiales, Energía y productos Tóxicos).

Esta matriz permite identificar en cada una de las etapas del ciclo de vida del producto, los materiales y la energía utilizados y la generación de desechos y tóxicos, para determinar a partir de cantidades, los diferentes impactos ambientales que el producto genera en cada una de las etapas subsecuentes de su ciclo de vida.

Si bien la MET analiza un producto principal o sistema de productos seleccionados, también se consideran los productos y materiales a lo largo de todo el ciclo de vida. Estos impactos han sido agrupados en tres áreas principales: i) el ciclo del Material (entradas /salidas), ii) el uso de Energía (entradas/salidas) y iii) las emisiones Tóxicas (salidas) (IHOBE, 2008).

Estas herramientas, evalúan los impactos ambientales relacionados con las emisiones al ambiente que se generan en un sistema productivo en términos de materiales, energía y residuos; pero carecen de visión sistémica que integra otros factores determinantes de la sostenibilidad socio-ecológica y que se explicarán en el desarrollo del siguiente capítulo.

3. Capítulo 3 Metodología de la tesis

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos anteriormente, este trabajo pretende hacer una propuesta para mejorar el ACV dentro del contexto de la evaluación de la sostenibilidad en procesos productivos. Se tendrá como marco teórico el desarrollo sostenible y desde el desarrollo humano y la sostenibilidad, se dará al ACV una visión sistémica.

En medio de los modelos actuales de producción y consumo, es claro que el camino hacia la sostenibilidad y el desarrollo sostenible incluye la integración de manera constructiva de factores sociales, políticos, culturales, ecológicos y económicos. Todos los seres humanos se encuentran inmersos en un sistema con múltiples subsistemas, la sostenibilidad a la cual se hará referencia es la que visualiza ese sistema como un todo, es la sostenibilidad que Gallopin (2003) denomina socio ecológica, aquella donde se integra el subsistema humano con el subsistema biofísico. A través del desarrollo sostenible y esta visión sistémica, se construye una propuesta de herramientas que complementen la metodología del ACV, desarrolladas a partir de indicadores de desarrollo sostenible, para llegar a una metodología que realmente evalúe la sostenibilidad de un sistema productivo.

3.1 Implementación de la Metodología

Como se ha presentado en los capítulos precedentes, la metodología del ACV requiere la inclusión de diferentes factores PESTE para evaluar la sostenibilidad de un sistema productivo de manera sistémica entorno a la sostenibilidad socio-ecológica, ya antes mencionada y base fundamental del desarrollo sostenible de los sistemas productivos. Actualmente la manera en que se realiza solo permite evaluar impactos al medio biofísico, ya que solo se cuenta con herramientas para dicho fin, por lo tanto en este

trabajo se propone que se incorporen herramientas de evaluación de impactos y tipos de impactos que incluyan indicadores de desarrollo sostenible, esto se lleva a cabo a partir de tres etapas, en la primera se realizará un análisis crítico de ACV para identificar los puntos que deben complementarse, una segunda etapa en la cual se establecen los factores del sistema ergonómico PESTE para identificar el tipo de modificaciones, y una etapa final en la cual se hace una propuesta a manera de ejemplo de una herramienta de evaluación que incluya estos indicadores, abriendo el camino a la construcción de nuevas herramientas de evaluación de la sostenibilidad de los sistemas productivos que puedan mejorar el ACV bajo los parámetros del desarrollo sostenible.

3.2 Análisis crítico del ACV

Retomando el concepto del ACV¹⁹, se establece, según el programa nacional de eco etiquetado, que los productos amigables con el ambiente tienen características comunes que se pueden incluir dentro de este tipo de análisis, el cual consta de 5 etapas (figura 3-1), para efectos de este trabajo se utiliza una propuesta en la cual las cinco etapas generales se reducen a cuatro etapas y cada una de estas etapas se subdivide en dos fases (Fiori, 2006; Gómez & Duque, 2004), de la siguiente manera:

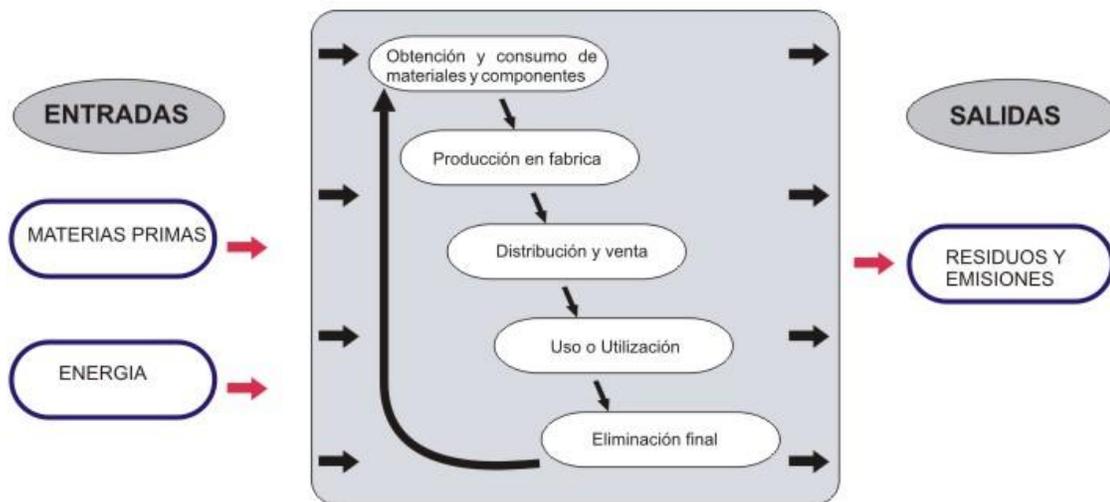
- Etapa 1 Producción, fases: materia prima y fabricación.
- Etapa 2 Transporte, fases: empaque y distribución.
- Etapa 3 Consumo, fases: comercialización y uso/mantenimiento.
- Etapa 4 Desuso, fases: desecho y reutilización.

Este análisis se estandariza mediante la norma ISO 14040 (ICONTEC, 2003) y define el ACV, como una técnica para evaluar los aspectos ambientales y los impactos

¹⁹ "... es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales, asociadas a un producto, proceso o actividad, esto se lleva a termino identificando la energía, la materia utilizada y los residuos de todo tipo de vertido al medio; determinando el impacto de este uso de energía, de materiales y de descargas al medio; evaluando e implementado practicas de mejora ambiental" (Aranda, A. et al. 2006).

ambientales potenciales asociados con un producto²⁰ (Aranda et al., 2006; Wimmer & Züst, 2003), además de ser una herramienta fundamental del ecodiseño (Thorpe, 2007; Birkeland, 2002) que incluye:

Figura 3- 1. Esquema del Ciclo de vida del producto



Fuente: Elaboración propia con información de Ihobe, 2009. p.3.

- La recopilación de un inventario²¹ de las entradas y salidas relevantes del sistema.
- La evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con las entradas y salidas identificadas en el inventario.
- La interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos de estudio.

3.2.1 Revisión de los conceptos del ACV

Para la revisión del ACV, en este trabajo se parte de la norma técnica colombiana NTC-ISO 14040 (ICONTEC, 2003), que describe los principios y la estructura para efectuar

²⁰ En esta norma el término producto incluye no solo sistemas de productos sino también sistemas de servicios.

²¹ Según esta norma un inventario puede incluir aspectos ambientales que no estén directamente relacionados con las entradas y salidas del sistema

estudios de este tipo y elaborar informes sobre ellos, además incluye ciertos requisitos mínimos, ya que no hay una forma única para la aplicación de esta técnica.

El ACV tiene como objetivos:

- I. Identificar oportunidades de mejoras en los aspectos ambientales de los productos en diversos puntos de su ciclo de vida.
- II. Tomar decisiones en organizaciones industriales.
- III. Seleccionar indicadores de desempeño ambiental, incluyendo técnicas de medición.
- IV. Implementar técnicas de mercadeo como eco-etiquetado o declaración de producción limpia.

La norma NTC-ISO 14040 reconoce las debilidades y limitaciones del ACV y plantea que no es la más indicada para ser aplicada en todas las situaciones debido a que no considera aspectos sociales y económicos, falencia que se busca reducir con las herramientas propuestas en este trabajo ya que pese a estas debilidades, el ACV es una de las técnicas más difundidas y utilizadas para evaluar los impactos ambientales de los productos y aunque es utilizado para tener una visión general del sistema, es necesario fortalecer sus debilidades e introducir los factores de los que adolece, para que sea realmente eficaz en el momento de evaluar un sistema productivo y permita llevar la industria hacia el desarrollo sostenible.

3.2.2 Etapas del ACV según la normalización de la ISO 14041

A continuación se describen, las cuatro etapas del ACV que se encuentran estandarizadas en la norma ISO 14041:

1. Definición del objetivo y el alcance (NTC-ISO 14041)

En el objeto de estudio se debe estipular la aplicación prevista, las razones del estudio y la audiencia. Los puntos que se deben tener en cuenta son: las funciones del sistema de producción, la unidad funcional, el sistema que va a estudiar, los límites del sistema, los procedimientos de asignación, los tipos de impactos y la metodología para evaluarlos e

interpretarlos, los requisitos de los datos, los supuestos, las limitaciones, los requisitos de calidad de los datos iniciales, el tipo de revisión crítica (si existe) y el tipo y el formato de informe que se requiere para el estudio.

2. Análisis de inventario, (NTC-ISO 14041)

Este es un análisis para cuantificar las entradas y salidas de un sistema productivo, para cada proceso unitario que se incluya en los límites del sistema se deben reunir datos cuantitativos y cualitativos, la recolección de estos datos y los procedimientos de cálculo variarán de acuerdo al alcance.

3. Evaluación de impacto

En esta fase se evalúan la importancia de los impactos ambientales potenciales²² a partir del análisis de inventario. Se pueden incluir elementos como clasificación, caracterización y valoración.

4. Interpretación de resultados

Se hacen conclusiones y/o recomendaciones sobre el sistema y sobre la metodología y se presenta un informe en el formato estipulado en los alcances del ACV. En caso de requerirse un informe de referencia, la norma platea un formato.

Lo anterior corresponde directamente a la metodología del ACV que actualmente esta normalizada por las ISO 14041. Vale la pena mencionar que las etapas presentadas en esta metodología del ACV se ejecutan a criterio del evaluador y según el interés del estudio; la flexibilidad de esta metodología es una ventaja en cuanto a la posibilidad de ser aplicada en diferentes sistema productivos, por lo cual debe contener herramientas para la evaluación de todo tipo de impactos asociados a una línea de producción y ya que se trata de una metodología en construcción, el resultado del trabajo interdisciplinar debe llevar a la unificación de criterios para dichas herramientas.

²² Actualmente una de las bases de datos mas utilizada es SIMAPRO (<http://www.pre.nl/content/databases>).

Existe actualmente el ACV completo²³ y el ACV simplificado (Capuz, et al., 2004), en este trabajo de investigación, se aplicara el **ACV simplificado**, "que se obtiene de la aplicación de técnicas que reducen la complejidad del estudio, y de ahí el coste, tiempo y esfuerzo necesario para realizarlo"²⁴, se aplicará entonces la metodología del ACV para llevar a cabo un análisis selectivo (tomando sólo en consideración datos genéricos y abarcando el Ciclo de Vida de forma superficial), seguido de una simplificación (centrándose en las etapas más importantes) y un análisis de la fiabilidad de los resultados.

Vale la pena resaltar que el ACV es una metodología reconocida, incluso por las normas ISO 14040, como un método en etapa temprana de desarrollo y algunas fases, como en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), están aún en sus comienzos, por lo tanto el ACV tiene oportunidades para ser modificado y mejorado con el fin de utilizarse como metodología para evaluar la sostenibilidad de procesos productivos. Esta idea esta presente de manera transversal en todo el documento de la tesis, el análisis del ACV desde el punto de vista del sistema ergonómico (PESTE), va a redundar en el mejoramiento de los procesos de evaluación del impacto ambiental en una actividad productiva y/o en la producción de un producto.

Los parámetros generales de la metodología del ACV a través de sus cuatro etapas antes mencionadas, y las herramientas que actualmente se utilizan en las etapas de evaluación, solo permiten la evaluación de los impactos ambientales que un producto o sistema productivo genera al medio biofísico, y es precisamente en este punto, sobre el cual gira la discusión, porque como herramienta, dentro de la estrategia de la producción limpia y consumo sostenible, no corresponde totalmente con los criterios que se promueven para la sostenibilidad de los sistemas industriales, ya que la sostenibilidad es la interacción constante de factores políticos, económicos, culturales, sociales y ecológicos, denominada ya con anterioridad como sostenibilidad socio-ecológica. A partir

²³ Un ACV completo requiere tiempo y esfuerzo considerables, consiste en realizar un análisis a profundidad, tanto del inventario como de los impactos, de forma cualitativa y cuantitativa, a partir de la estructura que plantea la norma ISO 14040 (capuz et al, 2004).

²⁴ Norma UNE 150041:1998 EX

de las etapas antes mencionadas se identificarán a continuación los elementos para realizar las modificaciones propuestas en este proyecto.

3.2.3 Identificación de las debilidades del ACV a través del análisis DOFA

El análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas), es una herramienta de la gestión empresarial, utilizada para la planeación estratégica que permite identificar los factores internos y externos que influyen en las organizaciones; en los factores internos se evalúan las fortalezas y las debilidades, las cuales son determinadas por los aspectos propios de la organización, y en los factores externos, se evalúan las oportunidades y amenazas, estas son establecidas por el entorno de la organización (Estupiñan & Estupiñan, 2006; Paliwal, 2006).

A partir de esta herramienta se evaluara el ACV para determinar las modificaciones que debería tener esa metodología. Los resultados del análisis DOFA del ACV se presentan a continuación:

– ***Debilidades***

- i. El ACV actualmente no evalúa la sostenibilidad socio-ecológica de un sistema productivo, ya que hasta el momento solo incluye factores de impacto al medio biofísico (Heijungs et al, 2010).
- ii. El ACV es una metodología de evaluación altamente subjetiva debido a que varias elecciones como, los límites del sistema, las categorías de los impactos, entre otras, son estipuladas por los evaluadores de acuerdo a su criterio (ICONTEC, 2001; Capuz et al, 2004); es una debilidad por que permite tergiversar su utilización en beneficio de intereses particulares.

– ***Oportunidades***

- i. El ACV es una metodología ampliamente reconocida a nivel mundial y aplicada en sistemas de gestión de calidad y producción limpia (PNUMA, 1999; Ludevid, 2000).

- ii. El ACV es una metodología estandarizada por las normas ISO 14040, 14041, 14042, 14043, por lo cual está respaldado y unificado internacionalmente.
- iii. El ACV es una metodología en construcción (ICONTEC, 2001), lo que permite modificaciones que nutran su papel en el desarrollo sostenible de los sistemas productivos.
- iv. El ACV es una metodología flexible en cuanto a parámetros de aplicación, que permite la utilización de diferentes herramientas de acuerdo al criterio del evaluador y al interés particular del estudio.

– **Fortalezas**

- i. El ACV Permite identificar puntos críticos en un sistema productivo para tomar decisiones en cuanto a impactos ambientales (Aranda et al, 2006).
- ii. El ACV Facilita la evaluación de los impactos biofísicos (Capuz et al, 2004).
- iii. El ACV permite la evaluación de los impactos a partir de dos tipo de ACV el completo y el simplificado, ya explicados con anterioridad, y que hacen parte de al flexibilidad de la metodología de acuerdo a los alcances establecidos en el estudio.

– **Amenazas**

- i. El ACV no es de uso obligatorio en los sistemas de gestión de calidad.
- ii. El software del ACV es muy costoso.

A partir de la revisión anterior se identifican los siguientes requerimientos para hacer una propuesta de herramientas de evaluación para ser utilizadas en el ACV actual:

Es importante determinar los indicadores de los factores sociales, políticos y económicos que esta metodología debería incluir dentro de la normativa, para que realmente evalúe la relación entre los sistemas productivos y todos los factores de la sostenibilidad ambiental, y de esta manera complementar la metodología del ACV que ya cuenta con una amplia difusión y estandarización.

Estas modificaciones de la metodología se deben plantear, sin romper el análisis sistémico, y que su aplicación sea de bajo costo; vale la pena resaltar que una metodología enfocada a la evaluación de la sostenibilidad, en este caso de los sistemas

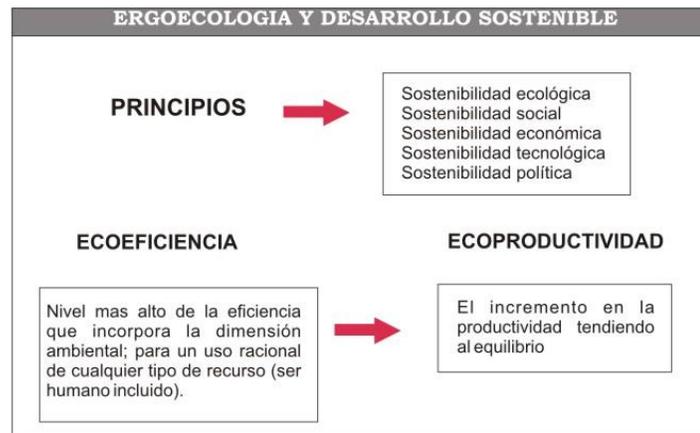
productivos, debe disponer de herramientas de evaluación de fácil acceso para todas las empresas, debe incluir en si misma el carácter social, llegar a la mayor cantidad de personas, y no solo como metodología de evaluación, el ACV puede y debe llegar a ser una metodología de uso pedagógico, tanto para la industria, como para los consumidores; evaluar un sistema productivo desde todos los factores socio-ecológicos, como se propone en este trabajo, es también una forma de educar sobre la responsabilidad ambiental.

En el siguiente capitulo se presentara el concepto metodológico del sistema ergonómico PESTE, para plantear las mejoras del ACV.

3.3 Ergoecología

Como propuesta para integrar los procesos de evaluación e intervención utilizados en ergonomía y en sistemas de manejo ambiental surge el concepto de *Ergoecología* para “*que desde el enfoque sistémico, se ocupe del estudio del ser humano y sus relaciones con el ambiente en función de sus actividades (trabajo), para establecer, analizar, mitigar, prevenir, controlar y corregir los impactos (positivos/negativos) derivados de dicha relación*” (Saravia, 2004) (figura 3-2).

Figura 3-2. Esquema del concepto ergoecología



Fuente: Saravia, 2005, p.4.

A partir de este concepto, se presenta a continuación una herramienta metodológica que permite establecer la interacción sistémica de determinados factores del entorno en la relación sistema-producto-entorno y que en este trabajo se utilizará para plantear los indicadores que deben incluirse en un análisis de ciclo de vida que evalúe la sostenibilidad de un sistema productivo, además de una propuesta práctica.

3.3.1 Sistema ergonómico PESTE (factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos y ecológicos)

En el camino hacia la sostenibilidad, las metodologías de diseño y el desarrollo de productos deben lograr un enfoque más holístico, como lo explica García & Romeva (2010), los problemas de injusticia social y económica, que debemos enfrentar, son resultado de no resolver el desgaste de los ecosistemas y la explotación de los recursos derivados de filosofías y acciones antropocéntricas²⁵. Se requiere una visión compleja para ser capaces de reconocer al ser humano de manera responsable, en el mismo nivel y derecho de actuación que cualquier otra especie o unidad que conforma la ecósfera²⁶.

A partir del concepto interdisciplinar *Ergoecología* antes mencionado, que enfatiza los aspectos ecológicos con relación a las actividades humanas dentro de un enfoque sistémico; una estrategia para que el ACV incluya el enfoque de la sostenibilidad consiste en utilizar el análisis de la relación sistema-producto-entorno, esto se logra, considerando los factores del sistema ergonómico PESTE planteado por García (2002), el cual analiza las relaciones entre los *factores del entorno* (agrupados bajo la sigla PESTE) y el *enfoque sistémico*; aunque esta metodología no es utilizada actualmente para analizar la sostenibilidad en el desarrollo de productos, permite revisar todas las interacciones del sistema a través de factores: Político-jurídicos, Económico-financieros,

²⁵ Como lo plantean Mosquin & Rowe, 2004 en el manifiesto por la tierra, Mientras el enfoque estrecho sobre las comunidades humanas no se amplíe hasta incluir los ecosistemas de la Tierra, los espacios locales y regionales en donde habitamos, los programas de modos de vida sanos y sostenibles fracasarán.

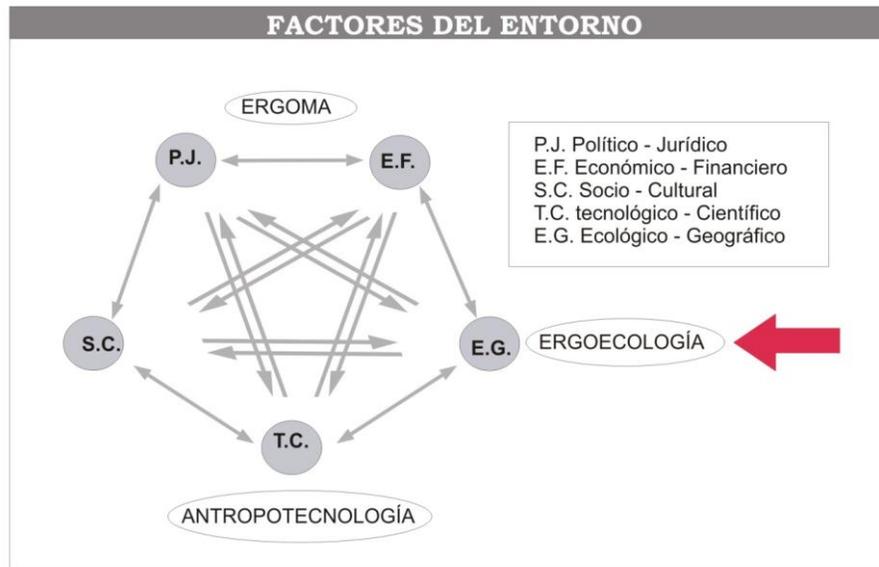
²⁶ La ecósfera es la matriz originaria de vida que envuelve a todos los seres, una red de estructuras y procesos orgánicos, inorgánicos y simbióticos que constituye nuestro planeta (Mosquin & Rowe, 2004).

Socio-culturales, Tecnológico-científicos y Ecológico-geográficos, dentro de la correlación Ser Humano – Objeto/máquina – Espacio Físico/ambiente. En la figura 3-3, se presenta la interacción de los factores del sistema ergonómico PESTE.

A partir de este enfoque se busca el desarrollo de herramientas metodológicas para modificar el ACV, que se enmarquen en el concepto de desarrollo sostenible y se enriquezcan con el concepto de desarrollo humano.

Como se ha mostrado, a partir de los Métodos de evaluación de los impactos ambientales en sistemas productivos, los sistemas de gestión ambiental han hecho hincapié en cuestiones como la eco-eficiencia y la producción más limpia, pero realmente no abordan de manera detallada los impactos sociales, ni los factores políticos y los efectos socioeconómicos. Puede concluirse que cualquier sistema o conjunto de herramientas que pretenda incluir la sostenibilidad debe tener en cuenta la sostenibilidad no sólo ecológica, sino también la viabilidad económica y aceptación social (Roome, 1998).

Figura 3- 3. Interacción del sistema ergonómico PESTE



Fuente: adaptación Saravia, 2005, p.3.

3.4 Indicadores

A partir de los factores del Sistema ergonómico PESTE (Político-jurídico, Económico-financiero, Socio-culturales, Técnico-científico y Ecológico-geográfico), se definen los indicadores y dentro de las categorías se toman en consideración las variables de algunos de estos indicadores utilizados a nivel mundial (Tabla 3-1).

Según el programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD), en el índice de desarrollo humano (IDH) se contemplan tres variables: i) nivel de vida, ii) longevidad y iii) estado educacional²⁷; en el índice de calidad de vida creado por Economist Intelligence Unit²⁸, las variables que se consideran son: i) salud, ii) vida familiar, iii) vida comunitaria, iv) bienestar material, v) estabilidad política y seguridad, vi) clima y geografía, vii) seguridad de empleo, viii) libertad política e igualdad de género²⁹.

El índice de desempeño ambiental (The Environmental Performance Index, EPI)³⁰, contempla: i) la salud ambiental y ii) la vitalidad de los ecosistemas³¹ y entre las variables a considerar implicadas en un sistema productivo están: i) la calidad del agua (efectos sobre los seres humanos y sobre los ecosistemas) y ii) el saneamiento y la contaminación del aire (efectos sobre los seres humanos y sobre los ecosistemas).

3.5 Propuesta de herramientas para ser utilizadas en la metodología del ACV

A partir del análisis del ACV, surge la posibilidad de complementarlo con la utilización de nuevas herramientas que incluyan los indicadores determinados en el capítulo anterior, permitiendo evaluar la sostenibilidad socio-ecológica de un sistema de producción y ser utilizados en la evaluación de impactos y tipos de impactos definida en la etapa tres del

²⁷ <http://www.pnud.org.co>

²⁸ Unidad de investigación interna para The Economist.

²⁹ http://www.economist.com/media/pdf/quality_of_life.pdf

³⁰ Desarrollado por el Centro de Política y Ley Ambiental de la Universidad de Yale.

³¹ <http://epi.yale.edu/>

análisis de ciclo de vida que se presenta en la ISO 14041, y la elaboración de una guía para la recolección de datos en la etapa dos del análisis a partir de los indicadores del desarrollo sostenible presentados en la tabla 3-2, debido a que en estas etapas se recopila la información necesaria para plantear nuevos indicadores de evaluación y proponer las intervenciones que requiera un sistema productivo específico.

Tabla 3- 1. Indicadores a nivel mundial

INDICADOR	VARIABLES
IDH	<ul style="list-style-type: none"> – Nivel de vida – Longevidad – Estado educacional
INDICE DE CALIDAD DE VIDA	<ul style="list-style-type: none"> – Salud – Vida familiar – Vida comunitaria – Bienestar material – Estabilidad política y seguridad – Clima y geografía – Seguridad de empleo – Libertad política e igualdad de genero
EPI	<ul style="list-style-type: none"> – Salud ambiental – Vitalidad de los ecosistemas – Calidad del agua – Saneamiento y contaminación del aire

Fuente: elaboración propia a partir de: PNUD, 2011; Emerson et al, 2010; Leva, 2005.

3.5.1 Propuesta de matriz PESTE

A partir del Sistema ergonómico PESTE (factores Político-jurídico, Económico-financiero, Socio-culturales, Técnico-científico y Ecológico-geográfico), se propone una herramienta de clasificación de tipos de impactos y evaluación de impactos para ser utilizada en la etapa 3 del ACV. Actualmente estas metodologías solo contemplan la evaluación de los impactos biofísicos (diferentes opciones como ECO 99³²), los cuales consisten en herramientas que cuantifican el daño ambiental en función de una normalización expresada en un puntaje relacionado con las diversas categorías de daño.

A partir de la guía de caracterización de la empresa se determinará el sistema productivo y se obtendrá la información necesaria para evaluar los impactos, esto será mejor comprendido con la guía de caracterización de la empresa (ver tabla 3-3) a través de la cual se establece la organización general del sistema productivo que luego se analizará.

Tabla 3-2. Matriz de indicadores a nivel mundial relacionados con los factores PESTE

INDICADOR	VARIABLES	FACTORES DEL SISTEMA ERGONÓMICO PESTE				
		Político jurídico	Económico financiero	Socio cultural	Técnico científico	Ecológico geográfico
IDH	Nivel de vida					
	Longevidad					
	Estado educacional					
INDICE DE CALIDAD DE VIDA	Salud					
	Vida familiar					
	Vida comunitaria					
	Bienestar material					
	Estabilidad política y seguridad					
	Clima y geografía					
	Seguridad de empleo					
	Libertad política e igualdad de genero					
EPI	Salud ambiental					
	Vitalidad de los ecosistemas					
	Calidad del agua					
	Saneamiento y contaminación del aire					

Fuente: elaboración propia

³² Tabla estandarizada de Econidicadores. (Ministry of Housing, Spatial Planning and Enviroment, 2000)

A partir de los indicadores mencionados (Ver Tabla 3-2) se presentan a continuación las categorías de los factores Político-jurídico, Económico-financiero, Socio-culturales, Técnico-científico y Ecológico-geográfico con los indicadores y la información que la metodología requiere para evaluar los impactos (tablas 3-3 y 3-4).

Tabla 3- 3. Impactos PESTE

Categoría	Indicador	Información requerida	Clasificación del impacto IAP Positivo o negativo
Político-jurídico	Protección a los derechos de autor	1. se pagan derechos de autor.	
	Políticas del sector productivo	2. la empresa pertenece a alguna asociación.	
		3. tiene registro en cámara de comercio	
		4. tiene Rut.	
		5. conoce los programas de producción mas limpia.	
		6. se conocen y aplican las políticas ambientales propias del sector productivo.	
Económico-financiero	Desarrollo económico	7. se han generado nuevos empleos.	
		8. se ha ampliado la planta de la empresa.	
		9. se han adquirido nuevos equipos.	

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

Categoría	Indicador	Información requerida	Clasificación del impacto IAP Positivo o negativo
Económico-financiero	Desarrollo económico	10. ha aumentado el porcentaje de ingresos mensuales.	
		11. ha generado reconocimiento de marca con participación en eventos comerciales. Como ha sido el desarrollo de nuevos productos.	
Socio-culturales	Salario justo	12. los turnos laborales son de 8 horas.	
		13. en caso de ser necesario ampliar el horario se pagan horas extras.	
		14. que tipo de contratos se tienen en al empresa	
		15. cual es el salario	
	Equidad	16. Edad	
		17. Genero	
		18. Estado civil	
	Seguridad social	19. los empleados están Afiliados a fondos de pensiones y Cesantías y ARP.	
		20. cual es el Nivel socioeconómico de los empleados.	
21. que Tipo de vivienda tienen los empleados			

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

Categoría	Indicador	Información requerida	Clasificación del impacto IAP Positivo o negativo
	Garantías de salud	22. los empelados se encuentran Afiliados a un sistema de salud.	
		23. se cumple en al empresa con los Sistema de seguridad industrial	
		24. los Puesto de trabajo cumplen con los factores ergonómicos propios para el desarrollo de la actividad.	
	Oportunidad de empleo	25. los empelados pueden crecer en la empresa.	
		26. el tiempo de vinculación de los empleados demuestra estabilidad laboral.	
	Procedencia	27. los empelados son de zonas aledañas a la ubicación de la empresa	
	Educación	28. cual es el nivel de escolaridad de los empelados	
29. se le ofrece capacitación a los empleados			
Técnico-científico	Desarrollo de tecnología	30. que tipo de tecnología, Herramientas y máquinas son utilizadas	
		31. que tipo de técnicas se emplean en la elaboración de los productos	
Ecológico-geográfico	Impactos biofísicos	Utilización en este ítem de alguno de los métodos ya existentes según el equipo interdisciplinar lo defina	

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el IAP, como un método de valoración cualitativa que se propone en este trabajo para evaluar los impactos identificados de acuerdo a los indicadores de cada una de las categorías de la tabla 3-3 (impactos PESTE); valoración que determinara una clasificación impacto alto, medio o bajo en la misma tabla.

Clasificación de impactos IAP

Los Impactos Ambientales Potenciales (IAP) o según sus siglas en inglés PEI (Potential Environmental Impact), hacen referencia al efecto positivo o negativo probable que genera una actividad productiva sobre el medio físico, biológico y humano; en la gestión ambiental se utilizan para valorar e investigar los efectos de las acciones humanas sobre el ambiente (Gómez, 2002; Capuz et al, 2004; Toro, 2009; Toro et al, 2012).

Esta clasificación, se utiliza actualmente en los estudios de impacto ambiental (EIA), en los cuales los IAP han sido propuesto por la Comisión Económica de la ONU para América Latina y el Caribe y por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, para hacer una clasificación general de los proyectos, obras o actividades y han sido incorporados en las legislaciones de algunos países centroamericanos como Costa Rica, Guatemala y Nicaragua, para tomar decisiones relacionadas con EIA y licencias ambientales (Toro et al, 2012).

El IAP permite clasificar y valorar las actividades humanas y de producción industrial que son catalogadas como actividades con alto impacto potencial y representan un riesgo significativo para los ecosistemas; esta valoración se determina de acuerdo a la posibilidad que tiene cada actividad de aportar al deterioro ambiental y a disminuir la calidad de vida, por efectos entre los cuales esta la contaminación del suelo, la contaminación del aire, la contaminación del agua superficial y subterránea, el deterioro de la salud pública, el deterioro de los patrones sociales y económicos y el deterioro del bienestar humano; este impacto que es resultado de las características propias de cada actividad debe servir como fundamento para la valoración de los impactos ambientales (Toro et al, 2012).

Aunque el concepto de IAP se concentra en el impacto positivo o negativo potencial que puede generar una acción humana, específicamente sobre los factores ambientales,

también incluye el ambiente físico, biótico, social o económico, y como todas las acciones antropogénicas generan un impacto ambiental potencial en el medio ambiente (Toro et al, 2012), por lo tanto lo generan también sobre los seres humanos; uno de los fines de este trabajo es la inclusión de indicadores de desarrollo humano en el ACV, por lo tanto se propone entonces el IAP como un instrumento para clasificar los impactos sociales identificados previamente a partir de las herramientas desarrolladas en esta tesis; la clasificación de los impactos y su valoración permite determinar los puntos críticos del ciclo de vida, parte fundamental de la etapas de análisis de inventario y de evaluación del ACV, descritas con anterioridad en el numeral 3.2 de este capítulo. Vale la pena mencionar que el concepto de Impacto Ambiental Potencial se aplica actualmente en estas etapas pero se utiliza solo para definir los efectos al medio biofísico (Capuz et al, 2004).

Tabla 3- 4. Clasificación de impactos IAP

Clasificación IAP parcial	SIGLA
Impacto ambiental potencial alto	IAP _A
Impacto ambiental potencial moderado alto	IAP _{MA}
Impacto ambiental potencial moderado bajo	IAP _{MB}
Impacto ambiental potencial bajo	IAP _B

Fuente: Toro, J. 2009, p 205.

Para realizar la evaluación de los Impactos Ambientales Potenciales se propone la utilización de la Tabla 3-5 Evaluación de impactos IAP; Vale la pena resaltar que esta es una guía para la evaluación de los impactos IAP, pero se encuentra sujeta a la información de la guía de caracterización de la empresa, que se explicara más adelante, y a las decisiones e interpretaciones del equipo de trabajo, en especial la determinación de los impactos medio altos y medio bajos. En caso de encontrar algún impacto relevante no determinado en la tabla, se recomienda hacer una observación y adjuntarla.

Tabla 3- 5. Evaluación de impactos IAP

Información requerida	Impacto IAP				No hay impacto o el impacto es positivo
	A	Ma	Mb	B	
1. Se pagan derechos de autor.	No	Algunos	Algunos	Muy pocos	Si o se hacen diseños exclusivos
2. La empresa pertenece a alguna asociación.	No	Algunas	Algunas	Si	Si
3. Tiene registro en cámara de comercio	No	-	-	-	Si
4. Tiene RUT.	No	-	-	-	Si
5. Conoce los programas de producción mas limpia.	No	Algunos	Algunos	Muy pocos	Si
6. Se conocen y aplican las políticas ambientales propias del sector productivo. (se evalúa de acuerdo a cuales se conocen y/o se aplican)	No	Algunas	Algunas	Algunas	Si
7. Se han generado nuevos empleos. (cuantos y se evalúa de acuerdo al tamaño de la empresa)	No	Si varios	Si varios	Si pocos	Si muchos
8. Se ha ampliado la planta de la empresa. (que tanto y se evalúa de acuerdo al tamaño de la empresa)	No	Si	Si	Si poco	Si mucho
9. Se han adquirido nuevos equipos. (cuales y cuantos y se evalúan de acuerdo al tamaño de la empresa)	No	Si varios	Si varios	Si pocos	Si muchos
10. Ha aumentado el porcentaje de ingresos mensuales.	No	Si	Si	Si poco	Si mucho
11. Ha generado reconocimiento de marca con participación en eventos comerciales. Como ha sido el desarrollo de nuevos productos.	No	Si	Si	Si poco	Si mucho

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

INFORMACIÓN REQUERIDA	IMPACTO IAP				No hay impacto o el impacto es positivo
	A	Ma	Mb	B	
12. Los turnos laborales son de 8 horas.	No	Otro	Otro	Otro	Si
13. En caso de ser necesario ampliar el horario se pagan horas extras.	No	Otro	Otro	Otro	Si
14. Que tipo de contratos se tienen en la empresa (el impacto se determina de acuerdo a la forma de trabajo que hay en la empresa, el equipo lo evalúa y lo justifica)					
15. Cual es el salario (es el salario justo determinado por ley)	No	Otro	Otro	Otro	Si
16. Edad (la relevancia de este dato la determina el equipo evaluador y lo justifica)					
17. Genero (la relevancia de este dato la determina el equipo evaluador y lo justifica)					
18. Estado civil (la relevancia de este dato la determina el equipo evaluador y lo justifica)					
19. Los empleados están afiliados a fondos de pensiones y Cesantías y ARP.	No				Si
20. Cual es el nivel socioeconómico de los empleados.	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
21. Que tipo de vivienda tienen los empleados	Arrendada	Otra	Otra	Otra	Propia
22. Los empleados se encuentran afiliados a un sistema de salud.	No				Si

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

INFORMACIÓN REQUERIDA	IMPACTO IAP				No hay impacto o el impacto es positivo
	A	Ma	Mb	B	
23. Se cumple en la empresa con los sistema de seguridad industrial	No	A veces	A veces	Muy poco	Si
24. Los puestos de trabajo cumplen con los factores ergonómicos propios para el desarrollo de la actividad.	No	Otro	Otro	Otro	Si
25. Los empelados pueden crecer en la empresa.	No	Otro	Otro	Otro	Si
26. El tiempo de vinculación de los empleados demuestra estabilidad laboral.	No	Otro	Otro	Otro	Si
27. Los empelados son de zonas aledañas a la ubicación de la empresa	No				Si
28. Cual es el nivel de escolaridad de los empelados	No tiene	Educación básica	Educación media	Educación técnica	Educación profesional
29. Se la ofrece capacitación a los empleados	No	Otro	Otro	Otro	Si
30. Que tipo de tecnología, herramientas y máquinas son utilizadas	Obsoleta	Otro	Otro	Otro	Actualizada
31. Que tipo de técnicas se emplean en la elaboración de los productos	Ineficientes	Otro	Otro	Otro	Eficientes, tradicionales

Fuente: elaboración propia.

Para evaluar un sistema productivo desde el ACV, es necesario, relacionar los impactos con las etapas del ciclo de vida del producto, para ello cada parte del sistema productivo se revisa de acuerdo a 4 etapas:

Etapa 1: Producción; en esta se encuentran las fases de materia prima y fabricación.

Etapa 2: Transporte; integra las fases de empaque y distribución.

Etapa 3: Consumo; aquí se encuentran las fases de: comercialización y uso.

Etapa 4: Desuso, se encuentran las fases de desecho y reutilización.

Posteriormente de acuerdo a las características propias de cada sistema-producto se identifican los subsistemas y procesos; para compilar y organizar esta información, se propone la utilización de la guía de caracterización de la empresa en la etapa 2 del ACV (recopilación de datos), tabla 3-3, Pg 38.

Figura 3- 4. Diagrama de flujo general



Fuente: Elaboración propia con información de Fiori, 2006.

Para identificar en que parte del proceso se generan los impactos, se propone la Matriz de evaluación de impactos PESTE (tabla 3-6), la cual parte de la tabla 3-3, impactos PESTE y se cruza con las etapas del ciclo de vida.

Para la ejecución de la herramienta *Matriz de evaluación de impactos PESTE* (tabla 3-6) se recomienda el trabajo interdisciplinar de un grupo de expertos, se designara dentro del equipo a una persona para hacer una visita a la empresa y a partir de una entrevista con los encargados de los diferentes departamentos de la empresa se elabora la *Guía de caracterización de la empresa* (tabla 3-7), a partir de esta guía y con la *tabla de evaluación de impactos* (tabla 3-5) el grupo de expertos completa la columna de clasificación del impacto IAP si los impactos fueron altos, medio altos, medio bajos y bajos, se especifica si no hubo impactos o si el impacto fue positivo; el equipo determina en que parte del ciclo de vida se generaron estos impactos y los describe en la columna

correspondiente. En el capítulo siguiente se presenta un ejemplo de aplicación del ACV modificado que se plantea en este trabajo, el cual no certifica una prueba determinante sobre la aplicación de la metodología.

Tabla 3- 6. Matriz de evaluación de impactos PESTE

IMPACTOS				CICLO DE VIDA								
Categoría	Indicador	Información requerida	Clasificación del impacto /AP Positivo o negativo	1. producción		2. transporte		3. consumo		4. desecho		
				Materias primas	Fabricación/ Diseño	Empaque	Distribución	Comercialización	Uso/ Mantenimiento	Desuso	Reutilización	
Político-jurídico	Protección a los derechos de autor	1. Se pagan los derechos de autor.										
		2. La empresa pertenece a alguna asociación.										
		3. Tiene registro en cámara de comercio										
		4. Tiene RUT										
Económico-financiero	Desarrollo económico	5. Conoce los programas de producción mas limpia.										
		6. Se conocen y aplican las políticas ambientales propias del sector productivo.										
		7. Se han generado nuevos empleos.										
		8. Se ha ampliado la planta de la empresa.										

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

Económico-financiero	Desarrollo económico	9. Se han adquirido nuevos equipos.								
		10. Ha aumentado el porcentaje de ingresos mensuales.								
		11. Ha generado reconocimiento de marca con participación en eventos comerciales. Como ha sido el desarrollo de nuevos productos.								
Socio-culturales	Salario justo	12. Los turnos laborales son de 8 horas.								
		13. En caso de ser necesario ampliar el horario se pagan horas extras.								
		14. Que tipo de contratos se tienen en la empresa								

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

		CICLO DE VIDA										
IMPACTOS		1. producción		2. transporte		3. consumo		4. desecho				
Categoría	Indicador	Información requerida	Clasificación del impacto IAP Positivo o negativo	Materias primas	Fabricación/ Diseño	Empaque	Distribución	Comercialización	Uso/ Mantenimiento	Desuso	Reutilización	
Socio-culturales	Salario justo	15. Cuales el salario										
	Equidad	16. Edad										
		17. Genero										
			18. Estado civil									
	Seguridad social		19. Los empleados estan afiliados a fondos de pensiones y Cesantías y AFP.									
			20. Cuales el nivel socioeconómico de los empleados.									
Garantías de salud		21. Que tipo de vivienda tienen los empleados										
		22. Los empelados se encuentran afiliados a un sistema de salud.										

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

		CICLO DE VIDA									
IMPACTOS		1. producción		2. transporte		3. consumo		4. desecho			
Categoría	Indicador	Información requerida	Clasificación del impacto IAP Positivo o negativo	Materias primas	Fabricación/ Diseño	Empaque	Distribución	Comercialización	Uso/ Mantenimiento	Desuso	Reutilización
Socio-culturales	Garantías de salud	23. Se cumplen en la empresa con los sistema de seguridad industrial									
		24. Los puestos de trabajo cumplen con los factores ergonómicos propios para el desarrollo de la actividad.									
		25. Los empleados pueden crecer en la empresa.									
	Oportunidad de empleo	26. El tiempo de vinculación de los empleados demuestra estabilidad laboral.									
	Procedencia	27. Los empleados son de zonas aledañas a la ubicación de la empresa									

Continúa en la siguiente página.

Continuación.

		CICLO DE VIDA									
IMPACTOS		1. producción		2. transporte		3. consumo		4. desecho			
Categoría	Indicador	Información requerida	Clasificación del impacto IAP Positivo o negativo	Materias primas	Fabricación/ Diseño	Empaque	Distribución	Comercialización	Uso/ Mantenimiento	Desuso	Reutilización
	Educación	28. Cuales el nivel de escolaridad de los empleados 29. Se le ofrece capacitación a los empleados									
		30. Que tipo de tecnología, herramientas y máquinas son utilizadas									
Técnico-científico	Desarrollo de tecnología	31. Que tipo de técnicas se emplean en la elaboración de los productos									
Ecológico-geográfico	Impactos biofísicos	Utilización en este ítem de alguno de los métodos ya existentes según el equipo interdisciplinar lo detina									

Fuente: elaboración propia.

Para completar la tabla 3-4 denominada Impactos PESTE, se propone una guía de recopilación de información en el sistema productivo, la cual se presenta en la tabla 3-7

Tabla 3- 7. Guía de caracterización de la empresa

1. Descripción empresa

- 1.1. Nombre
- 1.2. Localización
- 1.3. Sector o gremio
- 1.4. Actividad económica
- 1.5. Año de fundación
- 1.6. Espacio físico (esquema)
- 1.7. Estructura organizacional (interna y externa)
 - 1.7.1 organigrama
 - 1.7.2 grupos, alianzas, franquicias

2. Productos que se manufacturan

Producto	
Familia	
Características	
Descripción	

3. Proceso productivo

3.1. Identificación de los procesos

Proceso	Etapas		Subprocesos	Descripción	Actividades/ Operaciones	Herramienta/ Maquinaria	Encargados
1. Producción	Materia prima						
	Fabricación						

Continúa en la siguiente pagina.

Continuación

Proceso	Etapas		Subprocesos	Descripción	Actividades/ Operaciones	Herramienta/ Maquinaria	Encargados
2. Transporte	Empaque						
	Distribución						
3. Consumo	Comercialización						
	Uso						
4. Desuso	Desecho						
	Reutilización						

3.2 Recursos

3.2.1 humanos

	Mano de obra directa (MOD)	Mano de obra indirecta (MOI)
Calificada		
No calificada		
Cantidad		
Turnos		
Edad		
Genero		
Escolaridad		
Eps		
Arp		
Cobertura social		
Procedencia		
Tiempo en la empresa		
Tipo de contrato		
Nivel socio-económico		
Tipo de vivienda		
Estado civil		
Núcleo familiar		

3.2.2 insumos

	Materiales	Características	Referencia comercial	Procedencia
Materias primas				
Componentes				
Fungibles				

3.2.3 tecnológicos

Maquina/ herramienta	
Operaciones directas	
Operaciones complementarias	
Dura	
Blanda	
Desarrollada	
Apropiada	

Nombre comercial	
Especificaciones técnicas	Características
	Requisitos de funcionamiento
Nivel tecnológico	Fecha
	Procedencia
	Nivel de automatización

3.2.4 Técnicos

Descripción de las técnicas utilizadas

3.2.5 Energéticos

Descripción de los recursos energéticos

3.2.6 Tareas y apoyo logístico

Descripción

3.2.7 Control de calidad

Descripción

3.2.8 Planeación y control de producción

3.2.8.1 tiempo

3.2.8.2 recursos

3.2.8.3 medios de control

3.2.8.4 cronogramas

3.3 Mantenimiento

Plan de mantenimiento	Preventivo	
	Predictivo	
	Correctivo	

3.4 Higiene y seguridad industrial

Implementos personales		
Protección respiratoria	Tapa bocas	
	Careta con filtros	
Protección visual	Gafas fundición	
	Gafas pulimiento	
	Gafas soldadura	
Protección de manos y brazos	Guantes	
Vestuario de protección	Bata	
Protección auditiva	Tapa oídos	

Seguridad en el taller	
Letreros de evacuación	
Extinguidor	
Extractor	
Plano de evacuación	

3.5 Plan de gestión ambiental

Manejo de residuos
Residuos sólidos
Residuos líquidos

4. Mercado

Referencia interna y externa
Competencia
Precios
Nivel de ventas
Participación en eventos comerciales
Proyectos de exportación
Publicidad
Características del consumidor

Fuente: elaboración propia

4. Capitulo 4 Ejemplo de Aplicación de las herramientas propuestas para ACV

En el siguiente capitulo se hace una descripción resumida del sistema productivo de joyas en Bogotá, a manera de contextualización, que posteriormente se evaluara como ejemplo, con las herramientas propuestas, tomado como muestra cuatro talleres, para entender la puesta en practica de la propuesta.

4.1 Joyería en plata

Este es un aspecto introductorio para la comprensión general del tema de aplicación en el cual se va a trabajar y sobre el cual se va a aplicar el ACV con la estructura que establece el desarrollo sostenible. Para ello debe tener en claro que las joyas son ornamentos de metales preciosos³³ y/o piedras preciosas, utilizados desde la antigüedad por todas las culturas como adorno personal y/o insignia social (Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá, 2004; Casabó, 2010).

En Colombia se ha querido impulsar la industria de la joyería, que tiene una amplia tradición en nuestro país, para proyectarse como uno de los principales rubros de exportación en los próximos 15 años (Ministerio de comercio, industria y turismo, 2003), sin embargo esta iniciativa hace parte de la política nacional de apoyo a la cadena productiva de la industria, de la joyería, metales, piedras preciosas y bisutería aprobada

³³ “Los metales preciosos -también llamados metales nobles, debido a que son químicamente inactivos- son el oro, el platino y la plata” (Groover, 1997).

en el año 1993 como estrategia para incentivar la generación de mayor valor agregado en los productos colombianos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la producción de Joyas debe enmarcarse dentro de procesos eficientes de producción y patrones sostenibles de consumo, como se encuentra estipulado en los acuerdos firmados por Colombia en la *Cumbre de la Tierra*, celebrada en Río de Janeiro en 1992 (United Nations, 1999). En relación con la producción de joyas en plata, se recomienda a Colombia enfatizar en la *producción limpia*, definida como: “La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a los procesos y productos con el objetivo de reducir riesgos al ser humano y al ambiente” (PNUMA, 2003).

No obstante, para alcanzar los propósitos de la producción limpia en la producción de joyas, es necesario poseer información actualizada del sector productivo, que para el caso de Bogotá se encuentra dispersa y ha sido generada con un alto nivel de empirismo.

Por lo anterior, este trabajo de investigación pretende analizar de manera general el ciclo de vida de las joyas en plata en cuatro talleres en Bogotá, aplicando como ejemplo una propuesta metodológica explicada como herramienta de evaluación en esta tesis, la cual incorpora los componentes necesarios para complementar el ACV y evaluar la sostenibilidad de este sector productivo y los impactos ambientales que está generando.

4.1.2 Proceso productivo de la joyería

Las técnicas básicas de elaboración de joyas, como ocurre en la mayoría de procesos que utilizan metales resistentes, mantienen los principios de: cortar, moldear y unir³⁴, existen técnicas más avanzadas que se utilizan de acuerdo a la joya que se fabrica,

³⁴ Para cortar, moldear y unir, se utilizan algunas técnicas básicas como: corte por cizalla, calado con segueta, templado, limado, batido, soldadura y acabados (O’Keeffe, S. 2005), Y entre las técnicas más avanzadas, se encuentran: la fundición, el grabado, el repujado, el engaste, la fundición a la cera perdida y esmaltado. (McGRATH, J. 1998)

cada una con procesos diferentes, que en menor o mayor grado tienen un impacto al ambiente.

4.1.3 Producción en Colombia

Según el estudio sobre el mercado de la joyería en Colombia, realizado por la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá en el 2004, en Colombia, de acuerdo con el tipo de producto la joyería se puede clasificar en: Tradicional, de diseño y artística; y más del 95% de la manufactura de joyería es artesanal, constituida por pequeños establecimientos de comercio y talleres de carácter familiar.

La producción del sector de la joyería en Colombia se puede agrupar en dos grandes segmentos, uno de materias primas, desde su extracción hasta su transformación básica, que se subdivide en piedras preciosas, plata para fundición, oro para fundición y platino para fundición; y otro segmento de productos finales, subdividió en artículos de joyería, bisutería y orfebrería, donde se encuentran los productos con valor agregado. El grueso de las exportaciones de Colombia se encuentra en el primer segmento (Departamento Nacional de Planeación, 2007).

El mercado mundial de la joyería es de 72.000 millones de dólares y Colombia aporta a este mercado alrededor de USD \$19 millones (0.7%) en artículos de joyería y bisutería, (Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá, 2004).

Aspectos económicos

Vale la pena resaltar que la producción anual de Plata en Colombia en el 2003 fue de aproximadamente 7 toneladas, de las cuales 1.4 toneladas se destinaron al consumo nacional, entre 1980 y 2004 los principales departamentos productores fueron: Antioquia con 59%, Córdoba 19%, Caldas 16% y Bolívar 2%, que representan el 96% del total nacional (Ministerio de comercio, industria y turismo, 2003; Legiscomex, 2007)

En la zona centro de la ciudad de Bogotá, las diferentes entidades relacionadas con la joyería se encuentran organizadas en varias asociaciones y son parte activa del proceso del plan estratégico para la transformación productiva de la industria de la joyería, metales, piedras preciosas y bisutería en Colombia³⁵.

Bogotá concentra el mayor número de establecimientos comerciales de materias primas, insumos, maquinaria para la industria, oferta de esmeraldas y los productores de joyería, en su mayoría manufactureros, con un importante núcleo concentrado en la localidad de la Candelaria en el centro de la ciudad. En esta ciudad, se encuentra la mayor concentración de establecimientos comerciales reconocidos, vendedores de productos de joyería nacional e importada organizados en el CIRCULO COLOMBIANO DE JOYERIAS, el cual pertenece a la Federación Nacional de Comerciantes FENALCO. Los joyeros y proveedores de joyería se encuentran asociados en la Asociación de joyería y actividades afines de Bogotá y Cundinamarca ASJOYERIABOGOTA y los artesanos joyeros en la Asociación de Artesanos Joyeros ASOARJOYEROS (FEDEJOYAS, 2008)

4.1.4 Problemática ambiental relacionada con la producción de joyas en plata.

Las joyas tienen un impacto ambiental potencial alto (Amaya, 2007; Secretaria Distrital de Salud, 2007; Moreno, 2007), por lo cual es importante que la información se presente a los consumidores y sirva para evaluar el sistema productivo.

Teniendo en cuenta que la joyería es un renglón importante de la economía con altos impactos ambientales potenciales, en Bogotá actualmente no existe información detallada que relacione la producción de joyas y los factores ambientales implicados en toda la línea de producción, igualmente se carece de un plan enmarcado en el desarrollo

³⁵ Este plan estratégico es el proceso mediante el cual, el sector de la joyería se articula con *la Política Nacional de apoyo a la cadena productiva de la industria de la joyería, metales, piedras preciosas y bisutería*, liderado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, en el año 2003, como estrategia para incentivar la generación de un mayor valor agregado en los productos colombianos. (FEDEJOYAS, 2008)

sostenible, que esta industria debe considerar teniendo en cuenta la legislación nacional y los acuerdos internacionales en vigor.

4.2 Aplicación de la metodología del ACV con las herramientas propuestas.

Como propuesta de modificación se plantea una metodología de evaluación de impactos y tipo de impactos y una guía de recopilación de datos, para ser incluidas en las etapas dos y tres del ACV normalizado según las NTC-ISO 14040, NTC-ISO 14041 y NTC-ISO 14043, la aplicación se aplicará a continuación a partir de sus cuatro etapas.

Para el propósito de este trabajo se realizó una visita a cuatro talleres de joyería artesanal en la zona centro de la ciudad de Bogotá, con el fin de ejemplificar el uso de las herramientas propuestas como resultado de esta tesis. La visita consistió en una entrevista al dueño de cada taller con el fin de completar la guía de caracterización de la empresa, descrita en el capítulo anterior; a partir de esa información se ejecutaron los demás instrumentos.

La metodología que se realizó en los cuatro talleres corresponde al siguiente índice:

- I. Etapa 1. Definición del Objetivo y Alcance del ACV
 - Objetivo
 - Aplicación prevista
 - Razones para realizar el estudio
 - Público previsto
 - Utilización de resultados
 - Alcance
 - Sistema de producto
 - Esquema
 - Procesos unitarios
 - Funciones del sistema

- Unidad funcional
 - Flujo de referencia
 - Límites del sistema
 - Descripción de la categoría de datos
 - Requisitos relativos a los datos
 - Tipo y formato de informe
- II. Etapa 2. Análisis de Inventario del Ciclo de Vida.
- Recolección de datos, cálculo y validación.
- III. Etapa 3. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.
- Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.
 - Asignación de resultados según inventario a las categorías.
- IV. Etapa 4. Interpretación.
- Identificación de asuntos significativos
 - Evaluación de resultados
 - conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

4.2.1 Descripción de la utilización de las herramientas propuestas

Debido a que uno de los objetivos de este trabajo es presentar un ejemplo de la ejecución del ACV con las herramientas propuestas, se presenta a continuación solo las etapas correspondientes a las mismas; en el anexo A (Pg 55- 65), se presenta el ACV completo que se realizó en uno de los talleres y en el anexo B (Pg 66-69), se presenta la relación de los impactos en los cuatro talleres analizados; vale la pena aclarar que las herramientas propuestas utilizadas en esta aplicación se han modificado a través del desarrollo de este trabajo.

Etapas 1.

Definición del Objetivo y Alcance del ACV - Alcance- Descripción de la categoría de datos: A partir de esta investigación se ha propuesto cinco categorías de impactos a ser

evaluados, Político-jurídicos, Económico-financieros, Socio-culturales, Tecnológico-científicos y Ecológico-geográficos para ello, se utiliza en la etapa 2 y 3 de la metodología del ACV la tabla de impactos PESTE (ver tabla 3-4 pg. 40) y la matriz de evaluación de impactos PESTE (ver tabla 3-5 pg. 43), con el fin de consolidar una propuesta para la evaluación de impactos y tipo de impactos.

Etapas 2.

Análisis de Inventario del Ciclo de Vida- Recolección de datos, cálculo y validación: Este ACV requiere una visita a 4 talleres y para recopilar la información en esta etapa del ACV se propone la elaboración de la guía de caracterización de la empresa (tabla 3-3, pg. 38) y que será realizada para cada taller. En este trabajo se presenta la guía de uno de los talleres (Anexo A; Pg 55-62)

Etapas 3.

Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida- Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización: En esta etapa se relacionan los datos del inventario, con las categorías de impactos planteadas en este trabajo a través de la tabla 3-4, los Impactos PESTE, para efectos de este trabajo se presenta todo el ACV de uno de los talleres (Anexo A, Pg 55- 64).

Etapas 3.

Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida- Asignación de resultados según inventario a las categorías: De acuerdo con la propuesta de este trabajo, los impactos se describen relacionado las categorías de impacto y los indicadores de impactos establecidos en la fase anterior con las etapas del ciclo de vida utilizando la tabla 3-4 y 3-5 y dando como resultado la Matriz de evaluación de impactos PESTE, que se elabora para cada taller, en este trabajo se presenta la matriz de uno de los talleres en el Anexo A (Pg 62)

Etapas 4.

Interpretación- Identificación de asuntos significativos: Para determinar los puntos críticos en el ciclo de vida a partir de los resultados de las tablas elaboradas en la fase anterior se propone en este trabajo la utilización de los Impactos Ambientales Potenciales (IAP)

para cada factor (ver Anexo A Pg 61), debido a que facilita la clasificación de los impactos en la actividad productiva; el IAP hace referencia al efecto positivo o negativo probable que genera una actividad productiva sobre el medio físico, biológico y humano y en la gestión ambiental se utiliza para valorar las acciones humanas sobre el ambiente (Gómez, 2002; Capuz et al, 2004; Toro, 2009).

Etapas 5.

Interpretación - conclusiones, limitaciones y recomendaciones: Con los datos obtenidos previamente se establece que, en general, los IAP_A revisados a lo largo de este ACV, se encuentran relacionados con los factores técnicos, la oportunidad de empleo, la cobertura social, la seguridad industrial, los costos, las asociaciones y las políticas del sector productivo y ambiental. En los taller 1 y 2, hay más IAP_A y se encuentran relacionados con la innovación y el mercado; la relación de los resultados en los cuatro talleres se encuentra en el Anexo B (P. 65).

Como resultado de esta etapa se concluye que: El taller 1 tiene la mayor cantidad de IAP_A y el taller 4 por el contrario tienen la menor cantidad de IAP_A. La fase de fabricación en el ciclo de vida es la que más impactos genera, seguida por la comercialización. Las acciones correctivas deben enfocarse entonces en estas dos fases a través de la capacitación como el eje transversal que determina el nivel de innovación en los productos, la profundización en técnicas de fabricación, las oportunidades de comercialización mediante las políticas del sector y las asociaciones, además de la posibilidad de entender que el joyero es también un microempresario y requiere conocimientos propios del manejo de su empresa.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Las metodologías de evaluación de impactos como el ACV están en desarrollo y son un campo abierto para la investigación, sobre todo en la evaluación de los aspectos socio-culturales, económicos y políticos, por ello requieren investigaciones profundas resultado de un trabajo interdisciplinario que permita una visión analítica e integral para llegar a la toma de decisiones individuales, empresariales y políticas hacia el modelo del desarrollo sostenible y el desarrollo humano.

Actualmente se evidencia el trabajo de diferentes organizaciones internacionales, instituciones, empresas y consumidores frente a la implementación del concepto de ciclo de vida en la toma de decisiones, pero es un trabajo interdisciplinario que sigue en construcción y a través del cual se reconoce esta metodología como un proceso de investigación hacia el desarrollo sostenible, que se encuentra en construcción.

Este tipo de metodología requiere de flexibilidad y de profundidad para que se pueda aplicar a escenarios tan específicos como los de países en desarrollo con sistemas productivos y características muy singulares, además de requerir en su propia construcción de los factores PESTE, no solo debe incluir los factores necesarios para evaluar la sostenibilidad, estos factores deben ser parte de la propia metodología y de sus propuestas de desarrollo, el ACV, los proyectos de construcción entorno a esta metodología y sus herramientas deben ser sostenibles per se, por lo tanto estar contempladas dentro del sistema socio-ecológico.

El ACV puede verse como una metodología estratégica, ya que permite un acercamiento a la industria por ser actualmente una propuesta en el marco internacional de la producción limpia y la eco-eficiencia, que son finalmente un camino a la competitividad, de esta manera se encuentra inmersa en la visión del análisis económico estándar, que pretende evaluar como un producto resultado del modelo económico y de producción actual, impacta sobre el patrimonio natural. Lo importante entonces es que esa evaluación que busca la industria en términos económicos se construya en el ACV desde el concepto del desarrollo sostenible para incluir a partir de nuevas herramientas, indicadores de desarrollo sostenible, que con la visión sistémica propia del concepto del ciclo de vida, permitan identificar y evaluar no solo los impactos al medio biofísico sino también los impactos ecológicos y sociales.

En cuanto a las herramientas propuestas se puede concluir que para su aplicación es primordial contar con un equipo de trabajo interdisciplinar, para poder llegar a conclusiones más solidas, por que son herramientas con un alto grado de subjetividad tanto por el alcance de la evaluación como por las características propias de cada sistema productivo.

Estas herramientas al igual que la metodología del ACV requieren hacer parte de un sistema mas integral de gestión ambiental, un sistema que plantee el tema educativo para lograr trascender con el concepto de ciclo de vida y desarrollo humano y lograr capacitar en el uso e importancia de las metodologías a las pequeñas empresas; además de permitir avanzar en cuanto a las acciones a tomar con las conclusiones que se generen.

5.2 Recomendaciones

Finalmente, las herramientas metodológicas del ACV, expuestas en este trabajo, son propuestas en construcción y para un futuro avance es necesario profundizar en la elaboración de indicadores para los aspectos mencionados y desarrollar métodos para Profundizar, Valorar, Categorizar y Evaluar en los sistemas de puntuación y ponderación, además de realizar ajustes para la fiabilidad de los datos; son parte de esa

continua construcción en la cual nos encontramos actualmente, con la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Vale la pena profundizar y orientar el desarrollo de herramientas para esta metodología desde los conceptos de la economía ecológica, ya que para llegar a un desarrollo sostenible de productos la valoración económica actual sobre los impactos ambientales no es suficiente.

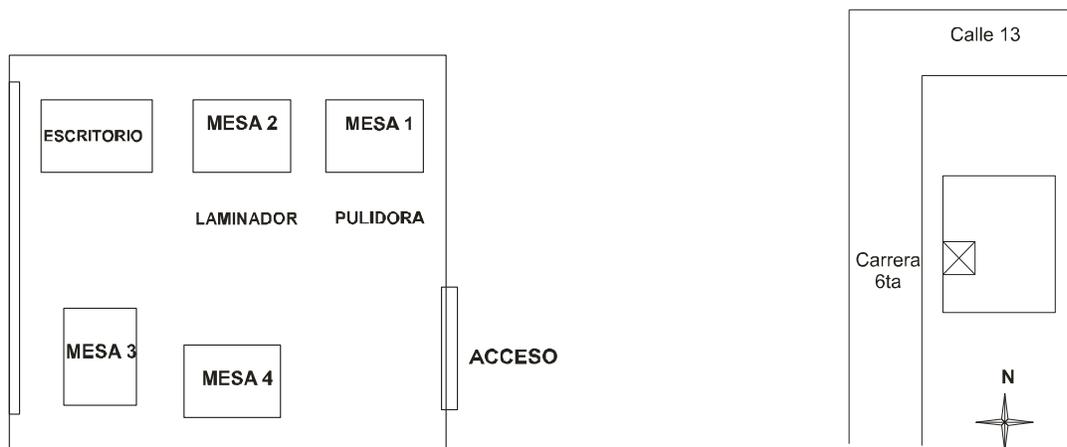
A. Anexo: ACV del taller 2

Tabla 3-3 Guía caracterización de la empresa

Fecha de realización: 12 de octubre de 2010

1. Descripción empresa

- 1.1. Nombre: taller de joyería
- 1.2. Localización: Carrera 6 # 12-78 of 206
- 1.3. Sector o gremio: Sector secundario, productos de manufactura.
- 1.4. Actividad económica: Elaboración y reparación de joyas.
- 1.5. Año de fundación: 1980 y diez años en la ubicación actual.
- 1.6. espacio físico (esquema): área 40 mts².



- 1.7. Estructura organizacional (interna y externa)
- 1.8. Organigrama: Empresa unipersonal, en espacio físico compartido con tres joyeros, joyero independiente: Jaime Puerto.
- 1.9. Grupos, alianzas, franquicias, asociaciones: ninguna.

2. Productos que se manufacturan:

Producto	Anillo solitario
Familia	Anillos de compromiso
Características	plata ley 925 circón blanco de 8mm
Descripción	Anillo elaborado con la técnica de armado y engaste al bisel en caja redonda cónica

3. Proceso productivo

3.1. Identificación de los procesos

Proceso	Etapas	Subprocesos	Descripción	Actividades/ Operaciones	Herramienta/ Maquinaria	Encargados
1. Producción	Materia prima	fundición	Preparación del material en cuchara de cerámica con soplete de gas	- Prender soplete - fundir - vaciar	- Equipo de fundición con ox-acetileno - cuchara - pinzas - lingotera	joyero
	Fabricación	-Laminado -Corte -Limado -lijado -Redondeado -Soldadura -fresado -Pulimento -decapado	Armar el aro, laminado el trefil de plata, elaborar la caja, soldaria y montar el zircón	-laminar -recocer -calibrar -cortar -limar -lijar -soldar -medir -decapar -fresar -martillar -pullir	- mesa joyera -Laminadora -soplete de gas -limas -Marco de seguetas -foredom -fresas -pinza -calibrador -estaca -martillo -opt-visor	joyero
2. Transporte	Empaque	empacar	El producto se entrega en una bolsa de papel de 8cms por 6 cms			joyero
	Distribución	revisar	El consumidor va hasta el taller y recoge el producto			consumidor
3. Consumo	Comercia- lización	Entregar tarjetas de presentación	La forma de comercialización es por recomendación			joyero
	Uso	El producto es perdurable solo requiere mantenimiento	El producto es reparable, solo requiere ser pulido de acuerdo al uso			consumidor
4. Desuso	Desecho	Vertimiento por el desague	cada año se cambia el acido que se utiliza en el decapado			joyero
	Reutilización	Recoger Almacenar fundir	El material que sobre en el proceso se reutiliza			joyero

3.2. recursos:

3.2.1 humanos

	Mano de obra directa (MOD)	Mano de obra indirecta (MOI)
Calificada	Técnico en joyería	
No calificada		
Cantidad	1	
Turnos	Un turno de ocho horas	
Edad	60 años	
Genero	masculino	
Escolaridad	técnico	
Eps	privada	
Arp	ninguna	
Cobertura social	ninguna	
Procedencia	Bogotá	
Tiempo en la empresa	30 años	
Tipo de contrato	Trabaja por pedido	
Nivel socio-económico	Estrato 1	
Tipo de vivienda	Propia	
Estado civil	separado	
Núcleo familiar	1	

3.2.2 insumos

	Materiales	Características	Referencia comercial	Procedencia
Materias primas	Plata	En granos	Ley 1000	Importada de Perú.
	Cobre	En lamina, hilo o granos	Electrolítico	Choco, Colombia.
	zircón	Piedra semipreciosa	Redondo de 8mm e incoloro	Tailandia
Componentes	-Lijas	Al agua	grano 400, 600 y 1000	USA
	-Seguetas	De pelo De acero al vanadio	00 y 000	Alemania
	-Soldadura	28,5% latón 71,5% plata 1000	Soldadura dura	Fabricación en el taller
	-Acido sulfúrico	Compuesto químico corrosivo	Acido Sulfúrico	Colombia
Fungibles	Gasolina	Mezcla de hidrocarburos	Gasolina	Colombia
	Bórax	fundente	BORAX	Colombia
	energía eléctrica	110 v	servicio publico	Colombia

3.2.3 tecnológicos

Maquina/ herramienta	Fresadora	Soplete a gasolina	Esmeril	Laminadora
Operaciones directas	X	X	X	X
Operaciones complementarias				
Dura	X	X	X	X
Blanda				
Desarrollada				
Apropiada	X	X	X	X

Nombre comercial: Fresadora	
Especificaciones técnicas	Características: Marca FOREDOM
	Requisitos de funcionamiento: energía eléctrica
Nivel tecnológico	Fecha: sin determinar
	Procedencia: USA
	Nivel de automatización: Eléctrico

Nombre comercial: Soplete a gasolina	
Especificaciones técnicas	Características: elaboración artesanal
	requisitos de funcionamiento: gasolina
Nivel tecnológico	Fecha: sin determinar
	Procedencia: Colombia
	Nivel de automatización: manual

Nombre comercial: Pulidora de banco	
Especificaciones técnicas	Características: Marca Bosch
	requisitos de funcionamiento: energía eléctrica
Nivel tecnológico	Fecha: sin determinar
	Procedencia: Alemania
	Nivel de automatización: eléctrico

Nombre comercial: laminadora	
Especificaciones técnicas	Características: laminadora de 3" para chapa, hilo y media caña, marca Lamicol.
	requisitos de funcionamiento: espacio de 1m x 1m para poderla manipular
Nivel tecnológico	Fecha: sin determinar
	Procedencia: Colombia
	Nivel de automatización: Mecánica

Descripción de las técnicas utilizadas: armado y engaste, técnicas aprendidas por educación técnica y experiencia.

3.2.5 Energéticos

Descripción de los recursos energéticos: energía eléctrica a través del servicio público, para dos maquinas, una lámpara fluorescente de techo, y una lámpara de mesa de tubo fluorescente.

3.2.6 Tareas y apoyo logístico

Descripción: compra de materiales, mensajería, mantenimiento de las herramientas y maquinas, limpieza del taller y atención al cliente. Todas las tareas están a cargo del joyero.

3.2.7 Control de calidad

Descripción: el control de calidad es mínimo, consta de la revisión de la pieza por parte del joyero en cada etapa

3.2.8 planeación y control de producción

3.2.8.1 Tiempo: elaboración de anillo solitario con zircón: 3 horas

3.2.8.2 Recursos:

Materiales: 8.000 pesos

Mano de obra: El joyero no tiene adjudicado un sueldo o salario y considera que no gana lo suficiente mensualmente incluso para mantener el taller, deber realizar otras actividades comerciales.

Gasto mensual arriendo: 120.000 pesos

Gasto mensual agua: 10.000 pesos

Gasto mensual administración: 10.000 pesos

Gasto mensual energía eléctrica: 20.000 pesos

3.2.8.3 Medios de control: ninguno

3.2.8.4 Cronogramas: organización tentativa del tiempo de acuerdo a los pedidos

3.3 Mantenimiento

Plan de mantenimiento	Preventivo	
	Predictivo	
	Correctivo	X

3.4 Higiene y seguridad industrial

Medios de seguridad:

Implementos personales		
Protección respiratoria	Tapa bocas	
	Careta con filtros	
Protección visual	Gafas fundición	
	Gafas pulimiento	
	Gafas soldadura	
Protección de manos y brazos	Guantes	
Vestuario de protección	Bata	
Protección auditiva	Tapa oídos	

Seguridad en el taller	
Letreros de evacuación	X
Extintidor	X
Extractor	
Plano de evacuación	X

3.5 Gestión ambiental

Plan de gestión ambiental: ninguno

Manejo de residuos:

Residuos sólidos: en bolsas dispuestas en canecas sin tapa para ser recogidos cada semana por el carro de basuras de la localidad.

Residuos líquidos: cualquier residuo líquido es vertido en por el desagüe del baño compartido por los locales del segundo piso.

4. Mercado

-Referencia interna y externa: la comercialización es por medio de clientes fijos y recomendaciones, el taller esta ubicado en el segundo piso de un edificio por lo que no tiene vitrina a la calle, el precio en los almacenes que están ubicados en el primer piso es mayor.

-Competencia: aproximadamente 150 talleres en la misma zona

-Precios: anillo solitario en plata con Zircón: 25.000 venta mensual: 8 anillos

-Características del consumidor: Mujeres, entre 18 y 35 años que se van a casar.

- Consideraciones de diseño: ninguna, los anillos se elaboran por pedido de acuerdo a catálogos generales.

Tabla 3-4. Impactos PESTE

Categoría	Indicador	Información requerida	Impacto*			Clasificación del impacto IAP**
			A	M	B	
Político-jurídico	Protección a los derechos de autor	Autor del diseño de los productos	X			IAP _A
	Políticas del sector productivo	Conocimiento y aplicación de políticas comerciales	X			IAP _A
		Conocimiento y aplicación de políticas ambientales	X			
Económico-financiero	Desarrollo económico	Diseño e innovación	X			IAP _A
		Duración de la empresa			X	
		Mercado	X			
		Precio	X			
		costos	X			
		asociaciones	X			
Socio-culturales	Salario justo	Turnos laborales			X	IAP _{MA}
		Salario	X			
		Tipos de contrato	X			
	Equidad	Edad			X	IAP _B
		Genero			X	
		Estado civil			X	
		núcleo familiar			X	
		Partido político			X	
	seguridad social	Afiliación a fondos de pensiones y cesantías	X			IAP _{MA}
		Nivel socioeconómico		X		
Tipo de vivienda			X			

Continuación en la siguiente pagina.

Continuación

Categoría	Indicador	Información requerida	Impacto*			Clasificación del impacto IAP**
			A	M	B	
	Garantías de salud	Afiliación a salud	X			IAP _A
		Sistema de seguridad industrial	X			
		Puesto de trabajo		X		
		Afiliación a ARP	X			
	Oportunidad de empleo	Numero de empleados		X		IAP _{MA}
		Tiempo de vinculación con la empresa		X		
	Desplazamiento	Procedencia			X	IAP _B
Educación	Nivel de escolaridad		X		IAP _{MA}	
Técnico-científico	Desarrollo de tecnología	Herramientas y maquinas utilizadas		X		IAP _M
		Técnicas	X			
		Proceso productivo		X		
Ecológico-geográfico	Impactos biofísicos	Calidad del agua				
		Calidad del aire				
		Ubicación				
		espacio				
		Materias primas				

* Determinar a partir de la información recopilada con la guía de la caracterización de la empresa si el impacto es Alto, Moderado o Bajo.

**Determinar el IAP para cada indicador de acuerdo a la tabla 6.

Tabla 3-5. Clasificación de impactos IAP

CLASIFICACIÓN IAP PARCIAL	SIGLA
Impacto ambiental potencial alto	IAP _A
Impacto ambiental potencial moderado alto	IAP _{MA}
Impacto ambiental potencial moderado bajo	IAP _{MB}
Impacto ambiental potencial bajo	IAP _B

Fuente: Toro, J. 2009, p 205.

Tabla 3-6. Matriz de evaluación de impactos PESTE taller 2

CICLO DE VIDA																	
Categoría	Indicador	Factores	Impacto*		Impacto IAP**	Descripción	1. producción			2. transporte		3. consumo		4. desecho			
			A	M			E	Materias primas	Fabricación	Empaque	Distribución	Comercialización	Uso	Desuso	Reutilización		
Político-jurídico	Protección a los derechos de autor	Autor del diseño de los productos	X			IAP ₁	los productos se realizan por cableado o por enrutado										
	Políticas de sector productivo	Conocimiento y aplicación de políticas comerciales	X			IAP ₁	No hay conocimiento a nivel de políticas del sector y exportaciones					Disminución de opciones para comercializar					
		Conocimiento y aplicación de políticas ambientales	X			IAP ₁	No hay conocimiento ni procesos de certificación en calidad o en gestión ambiental						Disminución de opciones para comercializar				
Económico-financiero	Desarrollo económico	Diseño e innovación	X			IAP ₁	no hay diseño e innovación	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otros sistemas de empaque	Disminución en las opciones de distribución	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar				
		Duración de la empresa															
		Costos	Costos	X			IAP ₁	No hay estrategias de mercado se limita a los clientes fijos y referidos además de tener una mala ubicación			Disminución de las opciones de distribución	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de recursos económicos para comercializar				
	Asociaciones	Asociaciones	X			IAP ₁	No está asociado por falta de incentivos y falta de organización en el gremio	Disminución de recursos económicos para producir	Disminución de recursos económicos para producir		Disminución de recursos económicos para producir	Disminución de recursos económicos para comercializar	Disminución de recursos económicos para comercializar				

Continúa en la siguiente página

Continuación

Categoría	IMPACTOS										CICLO DE VIDA						
	Indicador	Factores	Impacto*			Impacto IAP**	Descripción	1. producción		2. transporte		3. consumo		4. desecho			
			A	M	B			Materias primas	Fabricación	Empaque	Distribución	Comercialización	Uso	Desuso	Reutilización		
Socio-culturales	Salario Job	Tiempos laborales															
		Salario	X			IAP1	El salario no es fijo ya que depende de un mercado reducido										
		Tipos de contrato	X			IAP1	Trabajo por pedido										
	Equidad	Edad															
		Genero															
		Estado civil															
		núcleo familiar															
	Seguridad social	Afilición a fondos de pensiones y cesantías	Partido político														
				X			IAP1	Si un salario fijo el trabajador no cobra fondos de pensiones y cesantías									
		Nivel socioeconómico		X			IAP1u	La actividad económica no aporta al nivel socioeconómico del trabajador									
Tipo de vivienda							X										

Continúa en la siguiente pagina

Continuación

		CICLO DE VIDA											
Categoría	Indicador	IMPACTOS			1. producción		2. transporte		3. consumo		4. desecho		
		Factores	Impacto* A M B	Impacto IAP**	Descripción	Materias primas	Fabricación	Empaque	Distribución	Comercialización	Uso	Desuso	Reutilización
Socio-culturales	Garantías de salud	Afiliación a salud	X	IAP _s	La afiliación a la salud es independiente de la actividad económica del trabajador		Disminución de buenas condiciones laborales						
		Sistema de seguridad Industrial	X	IAP _s	No se utilizan los implementos de seguridad Industrial y se utiliza acido sulfúrico, un químico altamente inflamable y tóxico.		Aumento de accidentes y riesgos laborales						
		Puesto de trabajo	X	IAP _{lu}	Sin seguridad Industrial el puesto de trabajo no es idóneo		Aumento de riesgos laborales						
		Afiliación APP	X	IAP _{lu}	No se cuenta con afiliación a una aseguradora de riesgos profesionales		Disminución de buenas condiciones laborales						
	Oportunidad de empleo	Numero de empleados	X	IAP _s	Por la baja producción mensual la empresa no requiere contratar más empleados		Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra					
		Tiempo de vinculación con la empresa		X	IAP _s	Esta empresa operacional se ha mantenido a través de varios años						Aumento de posibilidades de comercialización	
	Desplazamiento	Precedencia											

Continúa en la siguiente pagina

B. Anexo: Impacto de los talleres

IMPACTOS							
Categoría	Indicador	Factores	Fases del ciclo de vida donde se genera el impacto	IAP taller 4	IAP taller 3	IAP taller 2	IAP taller 1
Político-jurídico	Protección a los derechos de autor	Autor del diseño de los productos	F	Disminución de reconocimiento al autor	Disminución de reconocimiento al autor	Eliminación de reconocimiento al autor	Eliminación de reconocimiento al autor
	Políticas del sector productivo	Conocimiento y aplicación de políticas comerciales	C	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar
		Conocimiento y aplicación de políticas ambientales	C	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar
Económico-financiero			MIP	Aumento en la utilización de otras materias primas	Aumento en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas
			F	Aumento en la utilización de otras técnicas	Aumento en la utilización de otras técnicas	Disminución en la utilización de otras técnicas	Disminución en la utilización de otras técnicas
		E	Aumento en la utilización de otros sistemas de empaque	Aumento en la utilización de otros sistemas de empaque	Disminución en la utilización de otros sistemas de empaque	Disminución en la utilización de otros sistemas de empaque	
		D	Aumento en las opciones de distribución	Aumento en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	
	C	Aumento en las opciones de distribución	Aumento en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución		
	U	Aumento en las opciones de distribución	Aumento en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución		
		Desarrollo económico	diseño e innovación				

Continúa en la página siguiente

Continuación

Categoría	Indicador	Factores	Fases del ciclo de vida donde se genera el impacto	IAP taller 4	IAP taller 3	IAP taller 2	IAP taller 1	
Económico-financiero	Desarrollo económico	Mercado	D	Aumento en las opciones de distribución	Aumento en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	
			C	Aumento de opciones para comercializar	Aumento de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar	Disminución de opciones para comercializar	
		Precio	F	Aumento de recursos económicos para producir	Aumento de recursos económicos para producir	Disminución de recursos económicos para producir	Disminución de recursos económicos para producir	
			C	Aumento de recursos económicos para comercializar	Aumento de recursos económicos para comercializar	Disminución de recursos económicos para comercializar	Disminución de recursos económicos para comercializar	
			F	Disminución en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	
	Socio-culturales	Salario justo	Duración empresa					
				C	Disminución de recursos económicos para comercializar			
			asociaciones	F	Disminución en las opciones de distribución			
				C	Disminución de recursos económicos para comercializar			
					Disminución mínima de mano de obra	Disminución mínima de mano de obra	Disminución de mano de obra	Disminución de mano de obra

Continúa en la página siguiente

Continuación

Categoría	Indicador	Factores	Fases del ciclo de vida donde se genera el impacto	IAP taller 4	IAP taller 3	IAP taller 2	IAP taller 1	
Socio-culturales	Salario justo	Tipos de contrato	F	Disminución de mano de obra	Disminución de mano de obra	Disminución de mano de obra	Disminución de mano de obra	
		Edad						
	Equidad	Genero						
		Estado civil						
		núcleo familiar						
	seguridad social	Afiliación a fondos de pensiones y cesantías	F	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales
		Nivel socioeconómico	F	Aumento de buenas condiciones laborales	Aumento de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	
		Tipo de vivienda	F	Aumento de buenas condiciones laborales	Aumento de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	
		Afiliación a salud	F	Aumento mínimo de buenas condiciones laborales	Aumento mínimo de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	
		Sistema de seguridad industrial	F	Disminución mínima de accidentes y riesgos laborales.	Aumento de accidentes y riesgos laborales.	Aumento de accidentes y riesgos laborales.	Disminución mínima y riesgos laborales.	
Garantías de salud	Puesto de trabajo	F	Aumento de accidentes y riesgos laborales.	Aumento de accidentes y riesgos laborales.	Aumento de accidentes y riesgos laborales.	Aumento de accidentes y riesgos laborales.		
	Afiliación ARP	F	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales	Disminución de buenas condiciones laborales		
	Numero de empleados	F	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra		

Continúa en la página siguiente

Continuación

Categoría	Indicador	Factores	Fases del ciclo de vida donde se genera el impacto	IAP taller 4	IAP taller 3	IAP taller 2	IAP taller 1		
Socio-culturales	Oportunidad de empleo	Tiempo de vinculación con la empresa	E	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra		
			D	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra	Disminución de la mano de obra		
			C	Aumento de posibilidades de comercialización	Aumento de posibilidades de comercialización	Aumento de posibilidades de comercialización	Aumento de posibilidades de comercialización		
	Desplazamiento	Procedencia	Nivel de escolaridad	F	Aumento de calidad en la fabricación	Aumento de calidad en la fabricación	Aumento de calidad en la fabricación	Aumento de calidad en la fabricación	
				C	Aumento de posibilidades de comercialización	Aumento de posibilidades de comercialización	Aumento de posibilidades de comercialización	Aumento de posibilidades de comercialización	
		Educación	Nivel de conocimientos propios del oficio	MP	Aumento mínimo en la utilización de otras materias primas	Aumento en la utilización de otras materias primas	Aumento mínimo en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	
				F	Disminución en la utilización de otras técnicas	Aumento en la utilización de otras técnicas	Disminución en la utilización de otras técnicas	No utilización de otras técnicas	
				E	Disminución en la utilización de otros sistemas de empaque	Aumento en la utilización de otros sistemas de empaque	Disminución en la utilización de otros sistemas de empaque	No utilización de otros sistemas de empaque	
					D	Disminución en las opciones de distribución	Aumento en las opciones de distribución	Disminución en las opciones de distribución	Sin otras opciones de distribución
					C	disminución en las posibilidades de comercialización	Aumento en las posibilidades de comercialización	disminución en las posibilidades de comercialización	sin posibilidades de comercialización

Continúa en la página siguiente

Continuación

Categoría	Indicador	Factores	Fases del ciclo de vida donde se genera el impacto	IAP taller 4	IAP taller 3	IAP taller 2	IAP taller 1	
Técnico-científico	Desarrollo de tecnología	Herramientas y máquinas utilizadas	MP	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	
			F	Disminución en la utilización de otras técnicas				
			C	disminución en las posibilidades de comercialización				
		Proceso productivo		MP	Aumento en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas
				F	Aumento en la utilización de otras técnicas	Disminución en la utilización de otras técnicas	Disminución en la utilización de otras técnicas	Disminución en la utilización de otras técnicas
				C	Aumento en las posibilidades de comercialización	disminución en las posibilidades de comercialización	disminución en las posibilidades de comercialización	disminución en las posibilidades de comercialización
				MP	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas	Disminución en la utilización de otras materias primas
				F	Disminución en la utilización de otras técnicas			
				C	disminución en las posibilidades de comercialización			

Convenciones	Materias primas	MP
IAP ₁	Fabricación	F
IAP _{2a}	Comercialización	C
IAP _{3s}	Uso	U
IAP ₄	Empaque	E
No presenta	Distribución	D

Total de Factores	32
Factores sin impacto	8
Factores con impacto	24
Total de Impactos	46
IAP _A	32
IAP _{MA}	13
IAP _{MB}	-
IAP _B	1

Total de Factores	32
Factores sin impacto	8
Factores con impacto	24
Total de Impactos	46
IAP _A	28
IAP _{MA}	17
IAP _{MB}	-
IAP _B	1

Total de Factores	32
Factores sin impacto	8
Factores con impacto	24
Total de Impactos	46
IAP _A	15
IAP _{MA}	16
IAP _{MB}	8
IAP _B	7

Total de Factores	32
Factores sin impacto	8
Factores con impacto	24
Total de Impactos	46
IAP _A	11
IAP _{MA}	22
IAP _{MB}	11
IAP _B	2

Fases del ciclo de vida	Total de impactos	IAP _A	IAP _{MA}	IAP _{MB}	IAP _B
Materias primas (MP)	5	-	4	1	-
Fabricación (F)	20	5	9	5	1
Comercialización (C)	13	4	4	4	1
Uso (U)	1	-	1	-	-
Empaque (E)	3	1	2	-	-
Distribución (D)	4	1	2	1	-

Fases del ciclo de vida	Total de impactos	IAP _A	IAP _{MA}	IAP _{MB}	IAP _B
Materias primas (MP)	5	1	3	-	1
Fabricación (F)	20	7	7	4	2
Comercialización (C)	13	5	3	3	2
Uso (U)	1	-	1	-	-
Empaque (E)	3	1	1	-	1
Distribución (D)	4	1	1	1	1

Fases del ciclo de vida	Total de impactos	IAP _A	IAP _{MA}	IAP _{MB}	IAP _B
Materias primas (MP)	5	2	3	-	-
Fabricación (F)	20	12	8	-	-
Comercialización (C)	13	8	4	-	1
Uso (U)	1	-	1	-	-
Empaque (E)	3	2	1	-	-
Distribución (D)	4	3	1	-	-

Fases del ciclo de vida	Total de impactos	IAP _A	IAP _{MA}	IAP _{MB}	IAP _B
Materias primas (MP)	5	-	4	1	-
Fabricación (F)	20	12	8	-	-
Comercialización (C)	13	9	3	-	1
Uso (U)	1	-	1	-	-
Empaque (E)	3	3	-	-	-
Distribución (D)	4	4	-	-	-

Bibliografía

- Alier, M. (2001). *La roca y las mareas. Economía ecológica como economía humana*. Bogotá: instituto de estudios ambientales (IDEA), Universidad Nacional de Colombia
- Amaya, J. (2007). *Contaminación ambiental producida por el sector joyero*. Centro de materiales y ensayos del SENA. Recuperado el 10 de noviembre de la web de ACERCAR, de la Secretaria Distrital de Ambiente, memorias de eventos 2007: <http://www.acercar.org.co/industria/biblioteca/memorias2007.html>
- Aranda, A., Zabalza, I., Martinez, A., Valero, A. & Scarpellini, S. (2006) *El análisis del ciclo de vida, como herramienta de gestión empresarial*. Madrid, España: Fc editorial.
- Arroyave, J. & Garcés, L. (2006, julio-diciembre). Tecnologías ambientalmente sostenibles. *Producción + limpia*, 1, (2), 78- 86. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Asjoyeria, *Breve historia de la joyería*. Recuperado el 23 de abril de 2010 de la web http://www.asjoyeriabogota.com/contenidos.php?Id_Categoria=360
- Ayre, G. & Callway, R. (2005). *Governing for Sustainable Development : A Foundation for the Future*. Inglaterra y USA: Earthscan Canada. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Banco de la República, (2005). *La orfebrería prehispánica de Colombia*. Publicación digital en la página web de la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República recuperada el 22 de abril de 2010 de la web: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/publicacionesbanrep/bolmuseo/1978/bol2/bof1.htm>

- Barrow, C. (1999). *Environmental Management : Principles and Practice*. Londres y New York:Editorial Routledge. Recuperado el 2 de septiembre de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Bekin, C., Carrigan, M. & Szmigin, I. (2007). Communities and Consumption. *International Journal of Sociology and Social Policy*, 27, (3/4), 99-188. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Bermejo, R., Arto, I., Hoyos, D. & Garmendia, E. (2010, julio) Menos es más. Del desarrollo sostenible al decrecimiento sostenible. Cuadernos de Trabajo de Hegoa, Número 52.
- Birkeland, J. (2002). *Design for Sustainability: A Sourcebook of Integrated, Ecological Solutions*. Ingraterra y USA: Earthscan Publications Ltd. Recuperado el 2 de septiembre de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Blount, E., Clarimon, L., Cortes, A.; Riechmann, J. & Romano, D. (2003). *Industria como naturaleza: hacia la producción limpia* .Madrid, España:Catarata.
- Boada, A., Rocchi, S. & Kuhndt, M. (2005). Negocios y sostenibilidad más allá de la gestión ambiental. Bogotá, Colombia: Editorial Politécnico Grancolombiano: Recuperado el 22 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Capuz, S., Gómez, T., Vivancos, J., Viñoles, R.,ferre, P., Lopez, R. et al., (2004). *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. México, D.F: Alfaomega grupo editor.
- Capuz, S. (1999). *Introducción al proyecto de producción. Ingeniería concurrente para el diseño de producto*. Valencia, España: Servicio de publicaciones Universidad politécnica de valencia.
- Casabó, J. (2010). Joyería. Buenos Aires, Argentina: Editorial Albatros.

- Chacón, J. (2008, Octubre-diciembre). Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV), con una bibliografía selecta. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, (72)*, 37-70. Recuperado el 15 de septiembre de 2010 de la web:
http://www.escuelaing.edu.co/editorial/revistas/escuela/3_historia_ampliada_comentada_analisis_ciclo_vida.pdf
- Chapman, J. & Gant, N. (2007). *Designers, Visionaries and Other Stories : A Collection of Sustainable Design Essays*. Inglaterra y USA: Earthscan Publications Ltd. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Cote, R., Tansey, J. & Dale, A. (2006). *Linking Industry and Ecology : A Question of Design*. Canada: University of British Columbia Press. Recuperado el 15 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Dalal-Clayton, D.B. & Bass, S. (2002). *Sustainable Development Strategies : A Resource Book*. Inglaterra y USA: Earthscan publications Ltd. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Departamento Nacional de Planeación (2007). *Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad. Documento sectorial, Metales y piedras preciosas, joyería y bisutería*. Bogotá, Colombia.
- Easterlin, R. (2000, Julio). The Globalization of Human Development. *Annals of the American Academy of Political and Social Science, 570, (Dimensions of Globalization)*, 32-48. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos JSTOR.
- Emerson, J. et al. (2010) ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX. USA: Columbia University & Yale University Recuperado el 3 de marzo de 2012 de la web:
http://www.ciesin.org/documents/EPI_2010_report.pdf

- Epstein, M. (2000). *Desempeño ambiental de la empresa. Practicas para costear y administrar una estrategia de protección ambiental.* (S. Mantilla, Trad.). Bogotá, Colombia: Eco ediciones.
- Estupiñan, R & Estupiñan O. (2006). *Análisis financiero y de gestión* (2da Ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones.
- Falconi, F. (2005). *Asedios a lo imposible. La construcción de una economía con cimientos ecológicos.* Ecuador: Flacso.
- FEDEJOYAS. (2008). *Plan estratégico para la transformación productiva de la industria de la joyería, metales, piedras preciosas y bisutería en Colombia.* Recuperado el 12 de noviembre de 2009 de la web de ASOJOYERIA Bogotá: http://www.asjoyeriabogota.com/contenidos.php?Id_Categoria=398
- Fiksel, J. (1997). *Ingeniería de diseño medioambiental.DFE.* Madrid, España: Mc Graw Hill
- Fiori, S. (2006). *Diseño industrial sustentable.* Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Fletcher, K. & Goggin, P. (2001, Junio -agosto) The Dominant Stances on Ecodesign: A Critique. *Design Issues*, 17, (3), 15-25. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos JSTOR.
- Gallopin, G. 2003. *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico.* Serie Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Santiago de Chile. Naciones Unidas.
- Garcia, G. & Romeva, C. (2010). From anthropocentric design to ecospheric design: questioning design epicenter. INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE - DESIGN 2010 Dubrovnik - Croatia, May 17 – 20.
- Garcia, G. (2002). *La ergonomía desde la visión sistémica.* Bogotá, Colombia: Unilibros Universidad Nacional de Colombia.
- Gomez, D. (2002). *Evaluación de impacto ambiental.* 2da edición. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa S.A.

- Gomez, J. y Duque, E. (2004). *Ecosellos, aplicación al Marketing Green y los negocios internacionales*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Goñi, R. & Goin, F. (2006, mayo- agosto). Marco conceptual para la definición del desarrollo sustentable. *Red Salud Colectiva*, 002, (2), 191-198. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. México: Prentice-hall.
- Hamm, B. (2001, Noviembre). A Human Rights Approach to Development. *Human Rights Quarterly*, 23, (4), 1005-1031. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de la base de datos JSTOR.
- Heijungs, R., Huppes, G. & Guinée, J. (2010). Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis. *Polymer Degradation and Stability*, 95, 422-428. Recuperado el 1 de abril de 2011 de la base de datos Science Direct.
- Hemel, C., & Keldmann, T. (1996). Applying DFX Experiences in Design for Environment. *Design for X: Concurrent Engineering Imperatives*. London: Chapman & Hall.
- ICONTEC. (2001). *NORMA TECNICA COLOMBIA NTC-ISO14040*. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ICONTEC. (2001). *NORMA TECNICA COLOMBIA NTC-ISO14041*. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Definición del propósito y análisis del inventario.
- ICONTEC. (2001). *NORMA TECNICA COLOMBIA NTC-ISO14043*. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida.
- ICONTEC. (2001). *NORMA TECNICA COLOMBIA NTC-ISO14001*. Sistemas de administración ambiental. Especificaciones con guía para uso.

IHOBE. (2010). Guía de Evaluación de Aspectos Ambientales de Producto - Desarrollo de la norma Certificable de Ecodiseño UNE 150301. 3ra edición. IHOBE, sociedad pública de gestión ambiental. Recuperado el 4 de febrero de 2011 de la web de IHOBE:
<http://www.ihobe.net/Publicaciones/Ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod=E602E9C0-7264-4301-8C18-6B872B21A2A2>.

IHOBE. (2009). Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. IHOBE, sociedad pública de gestión ambiental. Recuperado el 4 de abril de 2011 de la web de IHOBE:
<http://www.ihobe.net/Publicaciones/Ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod={BC53A7DB-3EDB-4B96-AC9A-1F163ED0D76B}>

IHOBE. (2008). *Norma Ecodiseño, UNE 150.301*. IHOBE S.A. Recuperado el 4 de septiembre de 2010 de la web de ihobe (Sociedad Publica del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio Vasco):
<http://www.ihobe.net/Documentos/Eventos/MINIGUIA%20norma%20ecodise%C3%B1o%20cast.pdf>

Leff, E. (2005). La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. En: *Seminário Internacional REG GEN: Alternativas Globalizaçãõ* del 8 al 13 de Octubre de 2005 en Rio de Janeiro: Brasil UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado el 30 de mayo de 2011 en la Web:
<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/reggen/pp12.pdf>

Leff, E. (2010). Globalización, ambiente y sustentabilidad. Saber Ambiental, 6a edición. Mexico: Siglo XXI Editores. Recuperado el 20 d emayo de 2011 de la web:
<http://www.otrodesarrollo.com/desarrollosostenible/LeffAmbienteGlobalizacion.pdf>

Legiscomex. (2007). Joyería y bisutería en Colombia. Inteligencia de mercados. Recuperado el 10 de abril de 2012 de la web:

http://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio_joyeriacol.pdf

Leva, G. (2005). INDICADORES DE CALIDAD DE VIDA URBANA, Teoría y metodología.

Buenos aires, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes. Recuperado el 3 de marzo de 2012 de la web: http://hm.unq.edu.ar/archivos_hm/GL_ICVU.pdf

Lewis, H., Gertsakis, J., Grant, T., Morelli, N. & Sweatman, A. (2001). *Design + Environment: a global guide to designing greener goods*. Inglaterra: Greenleaf publishing Ltd.

López, C. (2002, Enero- Junio). Desarrollo humano en América Latina y el Caribe: eficacia y eficiencia. *Economía y Desarrollo*. 130, (1), 11-40. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

Lozano, E. (2004). *Estudio sobre la cadena productiva de la joyería y orfebrería de plata y oro*. Recuperado el 20 de abril de 2010 de la web: <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p518/Estudio.pdf>

Ludevid, M. (2000). *La gestión ambiental de la empresa*. España: Editorial Ariel. Recuperado el 15 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

Martín, A. & Santamaría, J. (2000). *Diccionario terminológico de contaminación ambiental*. Navarra, España: Editorial EUNSA. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

McGRATH, J. (1998). *Técnicas de joyería*. Madrid, España: Susaeta Ediciones S.A.

McHarry, J., Strachan, J., Ayre, G. & Callway, R. (2005). *WSSD : A Plain Language Version of the Johannesburg Plan of Implementation*. Inglaterra y USA: Earthscan Publications Ltd. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

- Ministerio de comercio, industria y turismo (2003) *Política nacional de apoyo a la cadena productiva de la industria de la joyería, metales, piedras preciosas y bisutería en Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. (2000) Eco- indicator 99 manual for designers, a damage oriented method for life cycle impact assessment. Recuperado el 4 de septiembre de 2010 de la web de PRé (product ecology consultant): <http://www.pre.nl/eco-indicator99/default.htm>
- Moreno, C. (2007). *Contaminación, Emisiones atmosféricas*. Centro de materiales y ensayos del SENA. Recuperado el 10 de noviembre de la web de ACERCAR, de la Secretaria Distrital de Ambiente, memorias de eventos 2007: <http://www.acercar.org.co/industria/biblioteca/memorias2007.html>
- Moreno, C. (2007). *Vertimientos industriales asociados a la joyería*. Centro de materiales y ensayos del SENA. Recuperado el 10 de noviembre de la web de ACERCAR, de la Secretaria Distrital de Ambiente, memorias de eventos 2007: <http://www.acercar.org.co/industria/biblioteca/memorias2007.html>
- Morse, S. (2004). *Indices and Indicators in Development : An Unhealthy Obsession with Numbers*. Inglaterra y USA: Earthscan Publications Ltd. Recuperado el 2 de septiembre de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Mosquin, T. & Rowe, S. (2004, enero-marzo). A Manifesto for Earth. *Biodiversity*. 5, (1), 3 - 9. Recuperado el 4 de mayo de 2010 de la web: <http://www.ecospherics.net/pages/EarthManifesto.pdf>
- Myers, N & Kent, J. (2003). *New Consumers : The Influence of Affluence on the Environment*. USA: Island Press. Recuperado el 30 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

- Myers, N. (2000, Marzo 31). Sustainable Consumption. *Science, New Series*, 287,(5462), 2419. Recuperado el 30 de agosto de 2010 de la base de datos JSTOR.
- Naciones Unidas. (2002). *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible Johannesburgo (Sudáfrica)*. Publicación de las Naciones Unidas. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la web de UN Departamento of Economic and Social Affairs Division for Sustainable Development:
<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N02/636/96/PDF/N0263696.pdf?OpenElement>
- Naredo, J (2004). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Cuadernos de investigación urbanística*, Nº. 41, p. 7-18. Universidad politécnica de Madrid. Recuperado el 25 de mayo de la web: <http://dialnet.unirioja.es>
- Naredo, J. (2001). Economía y sostenibilidad. La economía ecológica en perspectiva. *Polis, revista de la universidad bolivariana*, 002, (1), Universidad Bolivariana: Santiago, Chile.
- Newman, P. & Jennings, I. (2008). *Cities as Sustainable Ecosystems : Principles and Practices*. USA: Island Press. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá, (2004). *El mercado de la joyería en Colombia*. Bogotá, Colombia: ICEX (instituto español de comercio exterior).
- O’Keeffe, S. (2005). *Manual de joyería: Consejos y trucos del oficio*. Barcelona, España: Editorial Acanto.
- ONU/WWAP (Naciones Unidas/Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). 2003. *1^{er} Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida*. París, Nueva York y Oxford. UNESCO

(Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y Berghahn Books.

Ordoñez, S., Diaz, E. & Orviz, P. (2007). *Desafíos tecnológicos de la nueva normativa sobre medio ambiente industrial*. Asturias, España: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

Parto, S. & Herbert-Copley, B. (2007). *Industrial Innovation and Environmental Regulation: Developing workable solutions*. Hong kong: United Nations University Press. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

Paliwal, R. (2006). EIA practice in India and its evaluation using SWOT analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 26, 492–510. Recuperado el 3 de abril de la base de datos Science Direct.

PNUD (2011). RESUMEN Informe sobre Desarrollo Humano 2011, Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todos. recuperado el 4 de abril de 2012 de la web: http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_ES_Summary.pdf

PNUD, (2005). *Human Development Report 2005*. Connecticut, USA: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 25 de Agosto de la web de UNDP: <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2005/chapters/spanish/>

PNUD, (2000). *Human Development Report 2000*. New York, USA: Oxford University Press. Recuperado el 30 de Agosto de la web de UNDP: http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2000_EN.pdf

PNUMA/IMA, (1999). *Producción más Limpia*. Programa de las naciones unidad para el medio ambiente, industria y medio ambiente. Recuperado el 10 de noviembre de 2009 de la web de PNUMA: <http://www.pnuma.org/industria/publicaciones.php>

PNUMA, (2004). ¿Por que adoptar un enfoque de ciclo de vida? Recuperado el 2 de abril de 2011 de la web:

http://www.redpycs.net/MD_upload/redpycs_net/File/Ciclo_de_Vida/porqueadoptarunenfoquedeciclodevidaes.pdf

PNUMA, (2008). *Consumo y Producción Sustentable en América Latina y el Caribe*.

Recuperado el 30 de mayo de 2009 de la web de PNUMA: <http://www.pnuma.org>

PNUMA, (2001). *Hacia un consumo sostenible en Latinoamérica y el Caribe*. Recuperado el

26 de octubre de 2009 de la web de PNUMA:
<http://www.pnuma.org/industria/publicaciones.php>

PNUMA, (1999). *Manual de producción más limpia*. Recuperado el 25 de octubre de 2009 de

la web de PNUMA: http://www.pnuma.org/industria/produccionlimpia_manual.php

Purvis, M. & Grainger, A. (2004). *Exploring Sustainable Development : Geographical*

Perspectives. Inglaterra y USA: Earthscan Publications Ltd. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

Proexport, Colombia (2007). *El mercado de Joyería en Europa*. Recuperado el 12 de abril de 2010 de la web:

<http://www.proexport.com.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo8844DocumentNo7295.PDF>

Rieradevall, J. & Vienyets, J. (1999). *Ecodiseño y ecoproductos*. Barcelona, España: Rubes Editorial.

Romero, B. (2003, Julio-Septiembre). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental.

Morelos Boletín 3. 91-97. Recuperado el 29 de marzo de 2011 de la web:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tend.pdf>.

Roome, N. (1998). *Sustainability Strategies for Industry: The Future of Corporate Practice*.

USA: Island Press. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

- Saravia, M. (2005). Ergoecología: Alternativa de Innovación a partir de la Intervención Integral en la Empresa. Ponencia, MX Design Conference, Mexico.
- Saravia, M. (2004). Método de Análisis Ergoecológico – MAE, en Mondelo, P. y otros, *Proceedings of the 3rd International Conference on Occupational Risk Prevention*, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Secretaria Distrital de Salud, (2007). *Estudio del impacto en salud por uso de cianuro en trabajadores de joyería localidad la candelaria*. Recuperado el 10 de noviembre de la web de ACERCAR, de la Secretaria Distrital de Ambiente, memorias de eventos 2007: <http://www.acercar.org.co/industria/biblioteca/memorias2007.html>
- Temkin, B. & Del Tronco, J. (2006, Octubre-Diciembre). Desarrollo humano, bienestar subjetivo y democracia: confirmaciones, sorpresas e interrogantes. *Revista Mexicana de Sociología*, 68, (4), 731-760. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos JSTOR.
- Toro, J.; Requena, I.; Zamorano, M.; Duarte, O. (2012). Versión ampliada de la metodología cualitativa para la Evaluación de Impacto Ambiental. *Environmental Impact Assessment Review*. Artículo en desarrollo.
- Toro J.; Requena I.; Zamorano, M. (2012). Determining Vulnerability Importance in Environmental Impact Assessment. The case of Columbia. *Environmental Impact Assessment review*. 32: 107-17.
- Toro J.; Requena I.; Zamorano, M. (2010). Environmental Impact Assessment in Colombia: Critical Analysis and Proposals for Improvement. *Environmental Impact Assessment review*; 30: 247–261.
- Toro J.; Requena I.; Zamorano, M. (2010). *Análisis crítico de la evaluación de impacto ambiental en Colombia*. En: Quince años de la política ambiental en Colombia.

- Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Derecho, Ciencias políticas y sociales. UNIJUS. 231-250 p. ISBN: 958-719-443-8.
- Toro, J. (2009). *Análisis constructivo del proceso de evaluación de impacto ambiental en Colombia. Propuestas de mejora*. Tesis de grado doctoral. Universidad de Granada, Granada, España.
- Thorpe, A. (2007). *Designer's Atlas of Sustainability: Charting the Conceptual Landscape Through Economy, Ecology, and Culture*. USA: Island Press. Recuperado el 2 de septiembre de 2010 de la base de datos Ebrary XML.
- United Nations, (2009). *Cumbre para la tierra. Programa 21*. Recuperado el 12 de noviembre de 2009 de la web de United Nations, División for sustainable development: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/index.shtml
- United Nations, (1999). *General Assembly*. Recuperado el 10 de noviembre de 2009 de la web de UN: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>
- UNDP, (1990). *Human Development Report 1990*. New York, USA: Oxford University Press: Recuperado el 25 de Agosto de la web de UNDP: <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1990/chapters/>
- UN, (1987). *Our Common Future: Brundtland Report*, recuperado el 4 de febrero de 2012 de la web de UN: <http://worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf>
- Universidad de Tecnología de Viena, (2009). *ECODESIGN PILOT*, Recuperado el 10 de febrero de 2011 de la web: <http://www.ecodesign.at/einfuehrung/pilot-info/index.en.html>
- Vince, F., Aoustin, E., Bréant, P. & Marechal, F. (2008). LCA tool for the environmental evaluation of potable water production. *Desalination 220*, 37–56. Recuperado el 3 de marzo de 2011 de la base de datos Science Direct.

Visser, W., Matten, D., Pohl, M. & Tolhurst, N. (2008). *A to Z of Corporate Social Responsibility : A Complete Reference Guide to Concepts, Codes and Organisations*. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

Vliet, B., Chappells, H. & Shove, E. (2005). *Infrastructures of Consumption: Restructuring the Utility Industries*. Inglaterra y USA: Earthscan Canada. Recuperado el 2 de septiembre de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

WBCSD & UNEP. (1998). *Cleaner Production and Eco-efficiency: Complementary Approaches to Sustainable Development*. Recuperado el 1 de septiembre de 2010 de la web de WBCSD: <http://www.wbcsd.org/DocRoot/R2R1IIWwjO2GLIAjpiLU/cleanereco.pdf>.

Wimmer, W. & Züst, R. (2003). *ECODESIGN Pilot. Product-Investigation, Learning and Optimization : Tool for Sustainable Product Development*. USA: Editorial Kluwer Academic Publishers. Recuperado el 2 de septiembre de 2010 de la base de datos Ebrary XML.

Williams, C. & Millington, A. (2004, junio). The diverse and contested meanings of sustainable development. *The Geographical Journal*, 170, (2), 99–104. Recuperado el 25 de agosto de 2010 de la base de datos JSTOR.