



Las Tecnologías Apropriadas ¿Un Cambio de Paradigma o una Utopía?

Rafael Muñiz ¹

rmuniz53@gmail.com

¹Centro De Investigación Y Desarrollo De Ingeniería (CIDI)

Historia del Artículo

Recibido 19 de Diciembre de 2017

Aceptado 14 de Febrero de 2018

Disponible online: 05 de Marzo de 2018

Resumen: El incremento del beneficio económico y del crecimiento continuo que caracterizan al modelo capitalista actual han requerido incorporar a la ciencia y la tecnología en el ámbito productivo. Este tipo de conocimiento se asimila dentro de pautas impuestas por el propio sistema y suele contribuir a la estabilidad del mismo. La lógica de la ganancia condiciona a la tecnología contemporánea, cuyo rasgo esencial es lograr una innovación permanente en el desarrollo científico con el propósito de lograr un crecimiento continuo que se refleja en el PIB de las naciones. Tal paradigma tecnológico persiste pese a sus elevados costos económicos, sociales, políticos y ambientales que se hacen evidentes en los países en vías de desarrollo y que se extiende también a los países desarrollados donde se plantea una relación muy estrecha entre el crecimiento económico y el nivel de desigualdad en la sociedad. Desde el inicio de la década de los 70s se ha propuesto un nuevo modelo de práctica científica que persiste hasta el presente, basado en una racionalidad determinada y que ofrece una perspectiva atractiva para potenciar el desarrollo autónomo y apropiado de las sociedades del tercer mundo. La propuesta de la Tecnología Apropriada aparece como una respuesta a la crisis de las sociedades actuales al proponer un cambio profundo a nivel de las tecnologías, de su proceso de creación y de su uso social y está enfocado a dar una respuesta a los problemas de las sociedades industriales actuales mediante la creación de sociedades más libres en armonía con su ambiente. En el presente trabajo se muestran diversos ejemplos de aplicación de este tipo de tecnologías y se propone una metodología donde se incluyen criterios y procedimientos de diseño para posibles productos y servicios que sirvan de semillero de proyectos para estimular el desarrollo de pequeñas empresas en comunidades de bajos recursos en armonía con su medio ambiente.

Palabras Clave: tecnología apropiada, innovación inversa, tecnología intermedia, tecnología alternativa, TRIZ

The Appropriate Technologies A Change of Paradigm or a Utopia?

Abstract: The increase in the economic benefit and the continuous growth that characterize the current capitalist model have required the incorporation of science and technology in the productive sphere. This type of knowledge is assimilated within guidelines imposed by the system itself and usually contributes to its stability. The logic of profit conditions contemporary technology, whose essential feature is to achieve a permanent innovation in scientific development with the purpose of achieving a continuous growth that is reflected in the GDP of the nations. Such technological paradigm persists despite its high economic, social, political and environmental costs that are evident in developing countries and also extends to developed countries where there is a very close relationship between economic growth and the level of inequality in society. Since the beginning of the 70s a new model of scientific practice has been proposed that persists up to the present, based on a determined rationality and that offers an attractive perspective to promote the autonomous and appropriate development of third world societies. The proposal of Appropriate Technology appears as a response to the crisis of current societies by proposing a profound change at the level of technologies, their process of creation and their social use and is focused on providing an answer to the problems of current industrial societies through the creation of freer societies in harmony with their environment. The present work shows several examples of application of this type of technologies and proposes a methodology that includes criteria and design procedures for possible products and services that serve as a seedbed of projects to stimulate the development of small businesses in low-income communities resources in harmony with their environment.

Keywords: appropriate technology, reverse innovation, intermediate technology, alternative technology, TRIZ

I. INTRODUCCIÓN

"Una sociedad convivencial es una sociedad que da al hombre una posibilidad de acción más autónoma y más creativa, con el auxilio de herramientas menos controlables por otros. La productividad se conjuga en términos de tener, la convivencialidad en términos de ser"

Ivan Illich

Una de las primeras preguntas que surgen de forma casi espontánea cuando se plantea el término de Tecnologías Apropriadas (TA) es si su denominación es debida a que son apropiadas para un determinado tipo de uso o aplicación o los son para quiénes las utilizan. Una forma de esclarecer su significado se relaciona con el cumplimiento de una serie de postulados que plantean un nuevo modelo de desarrollo, cuyo propósito es potenciar una relación armónica entre el ser humano y su medio ambiente y de propiciar la no explotación de los seres humanos entre sí.

Desde este punto de vista los ejes centrales de este nuevo modelo son: a) La satisfacción de las necesidades humanas básicas a fin de reducir las desigualdades entre los países y dentro de ellos mismos; b) La autosuficiencia endógena mediante la participación y el control social; c) La armonía con el medio ambiente y d) El trabajo creativo, que permita el desarrollo de todas las capacidades humanas.

En ese sentido hablamos que son Tecnologías Apropriadas (TA) para el ambiente, de acuerdo con la tarea que se precisa realizar y también apropiadas para la gente. Para ser apropiadas al ambiente tienen que utilizar recursos renovables y no sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas en los que se insertan. Para ser apropiadas para la tarea tienen que dar respuesta al problema productivo o doméstico de que se trate de manera eficaz, eficiente y generando riqueza. Finalmente, para ser apropiadas para la gente, tienen que ser de bajo costo, de fácil manejo y manutención, de sencilla comprensión y reproducibles a escala local.

Las Tecnologías Apropriadas son adecuadas a la realidad de los países en vías de desarrollo en tanto que requieren de menor inversión de capital y de mayor dedicación de mano de obra.

Las TA dialogan y trabajan conjuntamente con los conocimientos tradicionales, los saberes populares y tienen horizontes de amortización de largo plazo lo que no implica necesariamente el uso de una baja tecnología ya que suelen beneficiarse de las investigaciones más avanzadas.

Quienes proponen el término lo usan para describir aquellas tecnologías que consideran más adecuadas para su uso en países en vías de desarrollo o en zonas rurales subdesarrolladas de los países industrializados, en las que sienten que las altas tecnologías no podrían operar y mantenerse. Características tales como el bajo coste, la baja utilización de combustibles fósiles o el uso de recursos disponibles localmente pueden representar ventajas en términos de la sostenibilidad

El término adquirió relevancia durante la Crisis del petróleo de 1973 y con el movimiento ecologista de los 70s. El economista germano-británico E. F. Schumacher fue uno de los creadores del concepto. [1]

Schumacher nació en Bonn, Alemania en 1911 hijo de un profesor de economía política. Estudió en Oxford y luego en la Universidad de Columbia. En 1966 fundó el "Intermediate Technology Development Group" (Grupo de Desarrollo de Tecnología Intermedia), conocido ahora como Practical Action (Soluciones Prácticas) con operaciones en Latinoamérica y el Caribe.

Su obra más conocida Lo pequeño es hermoso: Economía como si la gente importara consta de una colección de sus ensayos publicado por primera vez en 1973. The Times de Londres clasificó su obra entre los 100 libros más influyentes publicados desde la Segunda Guerra Mundial.

Schumacher culpa al pensamiento económico convencional de dejar de considerar la escala más apropiada para realizar una actividad productiva, combate las nociones de que "el crecimiento es bueno", y de que "más grande es mejor", y cuestiona cuan apropiado es usar la producción en masa dentro de los países en desarrollo, promoviendo en lugar de eso una "producción de las masas". Schumacher fue uno de los primeros economistas en cuestionar cuan correcto es emplear el Producto Interno Bruto para medir el bienestar humano, enfatizando que el fin debería ser "la obtención de un máximo de bienestar con un mínimo de consumo".

Según plantea Marcel Antonorsi en su libro *Tecnología Suave* publicado en 1980 [2] muchos de los planteamientos centrales sobre las Tecnologías Apropriadas se deben al trabajo de un grupo de investigadores entre los que resaltan Robin Clarke y Peter Harper. Clarke, un periodista científico inglés concibió este tipo de tecnologías desde el punto de vista de la ciencia pero en oposición al enfoque militar-industrial de su época y fue el principal impulsor del proyecto BRAD abreviatura de Biotechnic Research and Development un proyecto que incluía dos comunidades de investigación de campo en las TA una en el país de Gales y la segunda en Normandía.

En contraposición con Harper que desarrolló un sentido socialista más radical e interesado en las acciones políticas que se derivan y acompañan a las TA, Clarke se muestra como un hombre liberal y progresista relacionado con los problemas técnicos que implicaban transformar una granja en BRAD.

Harper después de haber estudiado zoología y psicología experimental se dedica a investigar la aplicación de métodos bioquímicos al aprendizaje del comportamiento pero a partir de 1970 se enfoca en la búsqueda de nuevas soluciones a los problemas que plantea en la sociedad el progreso científico y técnico. Su actividad en el sentido de promover el desarrollo de las TA fue muy intenso, en particular en la divulgación de sus ideas a través de numerosos artículos y encuentros

internacionales y formular los fundamentos teóricos que soportaban su propuesta de aplicación de las Tecnologías Apropriadas [2].

Otra de las contribuciones fundamentales a la promoción indirecta de la TA viene del Manifiesto para la Supervivencia formulada por el Club de Roma en su informe sobre los límites del crecimiento. Por su parte otros dos autores refuerzan la promoción de este tipo de enfoques: Ivan Illich plantea la búsqueda de una serie de principios guía que sirvan para superar la crisis ambiental que se avecina y el logro de lo que él denomina una sociedad convivencial a la que pueda dotarse con herramientas que el hombre pueda controlar y que promuevan la supervivencia, la equidad y la autonomía creadora [2].

Otro autor relevante es Murray Bookchin quien plantea que la tecnología actual puede llegar a resolver los problemas cuantitativos de la humanidad mas no los cualitativos, su tesis es el paso del reino de la necesidad al reino de la libertad lo que él llamó el fin de la utopía.

Para finalizar debemos mencionar la contribución al tema de las TA que desarrolló el Instituto de la Nueva Alquimia fundada por John Todd cuyo propósito era la investigación aplicada de este tipo de tecnologías. Todd afirmaba "no somos una elite científica sino una comunidad que busca establecer conocimientos directamente utilizables por las pequeñas comunidades con el propósito de permitirles que vivan por sí mismas del campo"[2].

A pesar de todo el entusiasmo de estos investigadores pioneros y de su trabajo por promover el uso de las TA como un recurso para mejorar la calidad del ambiente natural donde convivimos los seres humanos con otras especies, hoy vemos que los resultados de su aporte no se han podido consolidar y que muchos piensan que sus ideas fueron solo parte de un sueño utópico. Consideramos que en vista de los nuevos conocimientos técnico-científicos que se han acumulado en particular en este nuevo siglo es pertinente la reformulación de la cuestión que anima este artículo. La pregunta persiste, ¿nos

encontramos ante un cambio de paradigma o es otro de los mitos que acompaña el renacer de una utopía?

II. EL AMPLIO ESPECTRO DE LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS

Las Tecnologías Apropriadas agrupan a una serie de técnicas y procedimientos que plantean una serie de enfoques diversos, algunos son aplicaciones tradicionales de los modelos de desarrollo ambientalista que se iniciaron en la década del 70 e incluso antes como es el ejemplo de la permacultura. Otros se han consolidado en épocas recientes como

el caso de la biomimética, una rama derivada de la biónica que estudia las propiedades físicas y químicas de los organismos para aplicarlos en el entorno industrial.

En la Figura 1 se presentan algunas de las variantes más conocidas que se pueden considerar como ejemplos representativos de este tipo de enfoque tecnológico. En esta sección del trabajo incluimos algunos detalles particulares a cada una de las variantes y su marco de aplicación según el enfoque que plantean las TA.

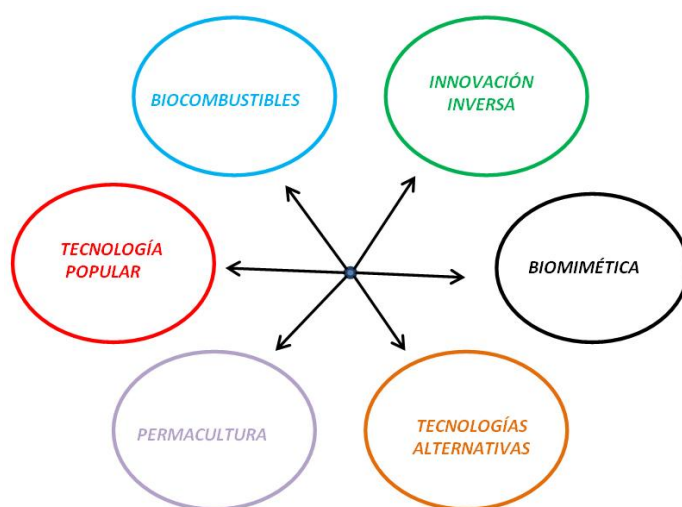


Figura 1: Ejemplos de los diversos enfoques que comprenden las Tecnologías Apropriadas (Fuente: el autor)

2.1 Biocombustibles

El término hace referencia a una serie de sustancias orgánicas que de una forma u otra derivan de la biomasa, mediante un proceso biológico, espontáneo o provocado, que las hace utilizables como fuente potencial de energía.

Es por esta razón que algunos autores se refieren a este tipo de combustibles como agrocombustibles para referirse a su origen a partir de productos agrícolas y en cuya producción no intervienen productos de síntesis química. Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo de combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo o el carbón.

Para la obtención de los biocarburantes se pueden utilizar especies de uso agrícola tales como el maíz o la mandioca, ricas en carbohidratos que mediante la fermentación y destilación producen etanol, o plantas oleaginosas como la soja, girasol y palmeras que sirven como fuentes de aceites que una vez que han sido saponificados sirven como sustitutos y/o complementos de la gasolina y el diésel .

Al utilizar este tipo de carburantes se reduce considerablemente el dióxido de carbono que es enviado a la atmósfera ya que estos materiales lo van absorbiendo a medida que se van desarrollando, mientras que emiten una cantidad similar a la emitida por los combustibles convencionales. El principal

impedimento tecnológico para la utilización de la biomasa vegetal como fuente de energía es, en general, la ausencia de una tecnología de bajo costo. Los futuros biocombustibles deben ser sostenibles en términos técnicos, económicos, ambientales y sociales para poder jugar un papel importante [3].

2.2 Innovación Inversa

El término Innovación Inversa fue popularizado por Dartmouth Vijay Govindarajan y Chris Trimble [4] y se refiere al proceso mediante el cual productos desarrollados como modelos de bajo costo y que pueden satisfacer cierto tipo de necesidades en las naciones en desarrollo se trasladan a los mercados de menores recursos de los países del primer mundo.

Por lo general, las empresas comienzan sus esfuerzos de globalización mediante la eliminación de características costosas de un producto ya establecido en sus países de origen y luego tratan de vender estos productos al mercado en los países menos desarrollados con un precio más bajo. Este enfoque, desafortunadamente no es muy competitivo porque va dirigido sólo a los segmentos más ricos de la sociedad en estos países en desarrollo. La innovación inversa, por el contrario, lleva a los productos que se crean a nivel local en los países en desarrollo a prueba en los mercados locales y si tiene éxito, a continuación, mejoran el producto y se entrega en el mundo industrializado [4].

2.3 Biomimética:

La biomimética (de bios, vida, y mimesis, imitar) es una nueva ciencia basada en el estudio de modelos, sistemas y procesos de la naturaleza con el propósito de imitarlos y así plantear posibles soluciones a problemas de orden práctico para cubrir algunas de las necesidades humanas.

La biomimética, es un método por medio del cual los diseñadores e ingenieros se basan en el conocimiento de cómo los organismos resuelven ciertos problemas complejos en su relación con el entorno a lo largo de un

proceso evolutivo de miles de millones de años. Con este propósito científicos de diversas áreas del conocimiento han iniciado el desarrollo de múltiples proyectos orientados a emular los procesos naturales introduciendo una serie de conceptos nuevos que hoy en día son empleados por organizaciones a nivel mundial en la construcción de bienes y servicios.

Existen múltiples aplicaciones de la biomimética que parten desde el campo del diseño de productos industriales, pasando por la arquitectura hasta el desarrollo de tecnologías amigables con el ambiente.

La investigación en biomimética contempla el estudio de diversas características según el tipo de aplicación y las especificaciones que requiere el encargo de diseño que incluyen: estructuras, materiales, funciones y formas y con frecuencia la combinación de dos o más de estos atributos. Los métodos de diseño actuales requieren de nuevos enfoques para generar innovación. Uno de este tipo de enfoques metodológicos es la aplicación de la Teoría de la Inventiva de Resolución de Problemas conocida mediante el acrónimo de TRIZ que trataremos en el apartado siguiente de este trabajo [5].

2.4 Tecnologías Alternativas:

Bajo la denominación de tecnologías alternativas se agrupan un conjunto de opciones con bajo impacto ambiental que plantean el uso de otras fuentes de energía a los combustibles fósiles utilizando el sol el viento la energía nuclear la mareomotriz y la geotérmica entre otras a la que se suma la participación del parque automotor de propulsión eléctrica .

Este tipo de tecnologías son las más conocidas entre las variantes de las TA. Aunque en general requieren de elevadas inversiones de capital en investigación y desarrollo y en la construcción de los equipos. Una característica que las compromete como posibles integrantes de las TA y en las últimas décadas se han realizado desarrollos interesantes para lograr su miniaturización

con el propósito de aplicarlos en pequeñas comunidades rurales y urbanas. Otra vertiente de este tipo de tecnologías se enfoca hacia la purificación de aguas residuales, el reciclaje de materiales industriales por el núcleo familiar mediante la denominada economía circular [6].

2.5 Permacultura:

El término permacultura fue acuñado por primera vez por los australianos Bill Mollison y David Holmgren en 1978. Este tipo de enfoque fue una de las primeras TA's en popularizarse a partir de la década de los setenta. La palabra permacultura es una contracción, que originalmente se refería a la agricultura permanente, pero se amplió para significar también una cultura permanente, debido a que se ha comprendido que los aspectos sociales son parte integral de un sistema verdaderamente sostenible. La permacultura es un sistema de principios de diseño agrícola y social, político y económico basado en los patrones y las características de los ecosistemas naturales.

Tiene muchas ramas, entre las que se incluyen el diseño ecológico, la ingeniería ecológica, diseño ambiental, la construcción y la gestión integrada de los recursos hídricos, que desarrolla la arquitectura sostenible y los sistemas agrícolas modelados desde el enfoque de los ecosistemas naturales [7].

2.6 Tecnología Popular:

Es posible que en una buena medida el concepto de tecnología popular sea el más próximo al sentido que Schumacher y otros autores pretendían dar a las TA en los inicios de este movimiento filosófico-económico. No obstante existe una diferencia entre lo que es tecnología popular y tecnología apropiada. La primera nace de las necesidades y valores personales, de las ideas, ingenio, conocimiento humano llevando a crear y reforzar los valores sociales, productivos y culturales del individuo y comunidad.

La connotación del término popular se refleja también en la tecnología apropiada, es por esta razón que se define como: “la tecnología que tiende a armonizar y crear nexos de interdependencia entre un conjunto de tecnologías destinadas a la producción de bienes y servicios, proporcionándoles el carácter de sustentabilidad, de equidad en los usos de los recursos naturales y de la transformación social necesaria, apoyándose y desarrollando los valores históricos y culturales propios de las comunidades partiendo de la premisa de que el desarrollo endógeno debe nacer desde el interior de las comunidades.”

En este sentido podemos considerar a las tecnologías apropiadas como un conjunto de tecnologías populares acopladas, constituyéndose en un complejo sistema de desarrollo tecnológico el cual necesariamente pasa a ser parte activa en la recuperación y preservación de nuestro ambiente y de la producción social de las comunidades en especial de las de bajos recursos. De esta forma se genera un control en el crecimiento de la producción social debido a la interdependencia que establecen los medios o componentes de producción con la capacidad de sustentación que nos presentan los recursos naturales y las necesidades esenciales de la comunidad.

A partir de lo expuesto en los párrafos anteriores podemos decir que las Tecnologías Apropiadas ofrecen una opción al menos atractiva y posiblemente viable para mitigar una gama considerable de las limitaciones y las dificultades que padecen las poblaciones pobres del tercer mundo.

No se puede prescindir del componente de creatividad y de los elementos tradicionales que propulsan este tipo de metodología pero consideramos de mucha utilidad el poder disponer de un enfoque metodológico que guíe en forma sistemática su desarrollo.

En las pasadas décadas se han popularizado una serie de herramientas de diseño como es el caso de Design Thinking [8] o Integrated Product Development [9]. Sin quitar sus

bondades a estas propuestas, muy pocas ofrecen un algoritmo que permita sistematizar y propulsar el acto creativo, sin obviar por supuesto el factor de la inspiración natural del ser humano.

En la próxima sección de este artículo se propone como una opción al diseño de TA la metodología TRIZ que ha sido aplicada con éxito en diversos problemas relacionados con la tecnología y ha servido como un recurso para orientar el proceso de innovación.

III. TRIZ UNA OPCIÓN PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS

El diseño de Tecnologías Apropriadas al igual que cualquier otro aspecto relacionado con el desarrollo tecnológico sigue o debería seguir un determinado esquema de razonamiento que facilite y potencie el ingreso al mercado de productos que resuelvan problemas y deficiencias que experimentan las sociedades.

Las distintas vertientes que se describen en el apartado anterior han aportado sus enfoques particulares en el sentido de establecer un bosquejo de las herramientas y opciones metodológicas para este campo del conocimiento. Algunos de estos enfoques coinciden con la recomendación de que el desarrollo de las TA esté basado en la consulta con las comunidades a las cuales van dirigidos los productos y que los propios usuarios finales participen a lo largo del proceso de diseño aportando la sabiduría cultural acumulada durante la historia de sus comunidades.

Aunque no se discute el considerable valor que este aspecto aporta al diseño se puede vislumbrar que no es suficiente. En todo diseño también se debe tomar en cuenta el factor de la imaginación y la creatividad de aquellos que sirven como pioneros y realizadores del proceso, no obstante consideramos que uno de los factores que en mayor grado potencia el desarrollo tecnológico es la metodología que se aplica para el diseño. En la medida que esta metodología sea sistemática, coherente y fácil de reproducir mayor será la probabilidad de

obtener el éxito en los proyectos, todavía en mayor grado si ese proceso se puede transformar en un algoritmo.

TRIZ es un método sistemático que estimula la creatividad tecnológica. El término proviene del acrónimo ruso de Teoría de Resolución de Problemas Inventivos. El creador de este método fue el ingeniero ruso Genrich Altshuller [10], que desarrolló la teoría analizando más de un millón de patentes. Él se percató de que a pesar de que los inventos que analizó se orientaban a resolver problemas de diferente naturaleza y en campos muy distintos, las soluciones que planteaban dichas patentes se podían agrupar partiendo de un conjunto de principios de invención generales.

Sucede frecuentemente que si un diseñador no logra la solución a un problema determinado busca nuevas soluciones algunas más allá de su experiencia y su conocimiento. Eso conduce a un incremento en el número de pruebas de ensayo y error dependiendo de lo bien que pueda manejar sus recursos de corte psicológico como la intuición y la creatividad. Un elemento adicional que complica el proceso es que estas herramientas psicológicas tales como la experiencia y la intuición, son difíciles de transmitir a otras personas dentro de la organización

La técnica TRIZ de resolución de problemas surge de un enfoque diferente al intuitivo y se basa en utilizar al máximo los conocimientos disponibles sobre un problema concreto y llegar a su solución mediante la comparación y adecuación de soluciones que han sido aplicadas previamente a problemas similares, siguiendo esta estrategia el problema particular es proyectado como un problema estándar de naturaleza análoga o similar.

Altshuller define un problema inventivo como uno en que su solución ocasiona otros tipos de problemas, en otras palabras, que cuando algo se mejora, otros elementos del problema usualmente empeoran, a lo que él llamó la contradicción técnica,

La esencia del TRIZ sigue el principio de abstracción, este principio dice, que dado un problema concreto, para el que se requiere una solución concreta, en lugar de buscarla por prueba y error, como sucedería en un análisis técnico convencional o en la aplicación de una técnica de creatividad basada en la psicología, se puede obtener la solución mediante un procedimiento directo de abstracción y especificación. Otro principio importante de TRIZ es el que se considera a los sistemas como entidades cerradas, es decir, se busca que la resolución de un problema se pueda lograr dentro de sus mismas posibilidades involucrando un mínimo de agentes externos, lo que se denomina en la terminología TRIZ un aumento de su idealidad. La tercera estrategia que plantea esta metodología es el Análisis de la Sustancia Campo que consiste en dividir un problema mayor en partes más pequeñas [11].

A partir de los estudios realizados por Altshuller y sus colaboradores se establecieron 39 parámetros que participaban con frecuencia en muchas de las soluciones planteadas a los problemas técnicos de invención. Muchos de estos parámetros involucran propiedades físicas como: peso, longitud, tensión, forma, velocidad, potencia y otros implican efectos relacionados con el uso del producto tecnológico: adaptabilidad, facilidad de uso, confiabilidad, precisión de fabricación, exactitud de medidas, entre otros.

En adición también obtuvo con su estudio 40 principios generales de invención, esta lista se conoce en este campo como “Los 40 Principios de Inventiva”. Ejemplos de esta categoría son propiedades como: segmentación, asimetría, homogeneidad, cambio de color, retroalimentación, acción periódica, expansión, contracción, inversión, entre otros.

Como mencionamos en los párrafos anteriores, uno de los objetivos de TRIZ es resolver las contradicciones que se plantean en el proceso de diseño de productos tecnológicos. Altshuller considera dos tipos de contradicciones las de tipo técnico y las de orden físico [12].

Una contradicción técnica existe cuando, tratando de mejorar un atributo, A, de un sistema tecnológico, otro atributo B, del mismo sistema tecnológico, se deteriora. Por ejemplo, si se quiere fabricar un producto más robusto y duradero (atributo deseado), automáticamente se hace más pesado y costoso por el material requerido para ello (atributo indeseable).

El término contradicción física es común en TRIZ. Ambas contradicciones pueden aparecer en cualquier proyecto de diseño. Los requerimientos mutuamente exclusivos son demandados tanto por los aspectos técnicos del proceso tecnológico como por las contradicciones físicas que se presentan debido a la naturaleza de los materiales empleados. Para la resolución de contradicciones técnicas, se utilizan la Matriz de Contradicciones Técnicas, MCT [13].

En la Figura 2 se muestra el proceso de aplicación de la matriz de contradicciones que corresponde a un cuadro de doble entrada, donde se colocan las 39 características básicas de los sistemas técnicos y en el cruce de cada fila y columna se relacionan con los tipos de soluciones inventivas que se pueden aplicar. A cada característica se le asigna un número. Del mismo modo los números identifican los principios inventivos específicos de la lista de 40 que se pueden seleccionar en la lista original que propuso Altshuller. El orden de presentación en cada columna de casillas no es aleatorio, sino que indican cuales son en orden de jerarquía los más utilizados en las patentes investigadas.

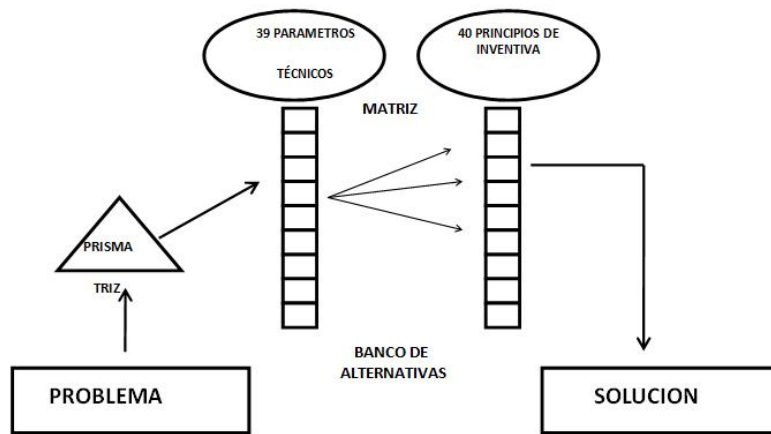


Figura 2: Esquema del proceso de aplicación de la matriz MCT de diseño de tecnologías con el método TRIZ (Fuente: adaptación del autor)

Se debe acotar que los principios no son una solución directa a la contradicción, sino una línea de razonamiento para encontrar la solución. Las casillas de la matriz que no se consideran corresponden a contradicciones técnicas que no se pueden dar o que no están resueltas.

La resolución de un problema con esta herramienta requiere la abstracción del sistema, la identificación de la contradicción técnica, la aplicación del principio y la especificación para obtener de nuevo el sistema físico, con el problema ya resuelto.

Cuando un analista tiene definida una contradicción desde el punto de vista del problema, resulta posible encontrar una variedad de creación y de solución efectiva para resolver ese problema. Usualmente un problema no es resuelto definitivamente si su contradicción no es superada.

Las herramientas como TRIZ que intentan sistematizar el proceso de diseño de productos evitan que en muchos departamentos de I+D se hagan esfuerzos desgastantes en solucionar problemas técnicos que ya han sido resuelto en algún momento y cuya solución ya fue consignada en alguna patente. No es necesario que en el afán de innovar se esté reinventando la rueda en diferentes empresas simultáneamente [14].

Una tendencia que se viene desarrollando en la presente década es la aplicación de esta metodología en el desarrollo de innovaciones ambientales, un campo todavía virgen para la aplicación de TRIZ, pero promisorio debido a la coherencia entre los principios de optimización y resolución de contradicciones sobre los cuales se basa la metodología TRIZ y los objetivos ambientales [15].

IV. CONCLUSIONES

El diseño de productos es un área que presenta varios elementos que le son particulares. Enfocándolo desde el punto de vista de las empresas constituye el núcleo de la innovación tecnológica y se forja como un factor clave en la estrategia competitiva de las organizaciones. En el campo académico, representa un área de investigación que aunque es muy atractiva requiere todavía de madurez para llegar a consolidarse como un cuerpo de conocimiento formal. Desde el punto de vista social, involucra una actividad con la capacidad de satisfacer muchas de las necesidades de las comunidades. Considerando el punto de vista ambiental, es una de las actividades sobre la cual recae un elevado tenor de responsabilidad, porque desde ahí se determinan los impactos que el futuro producto podrá generar sobre el medio ambiente.

Hay dos tendencias que están marcando el mundo empresarial actualmente: el papel que

cumple la innovación como arma de supervivencia y el protagonismo que toma cada vez más el cuidado del medio ambiente. Ambos temas están pasando de ser un valor agregado de las empresas líderes, para convertirse en requisito mínimo de supervivencia. Por tal motivo las empresas grandes y pequeñas, requieren cada vez más de metodologías de trabajo e instrumentos que los orienten esos procesos de diseño en ingeniería y les ahorren tiempo en la toma de decisiones. En ese orden de ideas la Metodología TRIZ proporciona una herramienta que aunque no es de fácil implementación aporta una alternativa valiosa para la innovación de nuevas tecnologías al servicio de las comunidades y de la preservación del ambiente.

En relación con las tareas que nos demandaría un programa de generación de Tecnología Apropriada podríamos considerar los siguientes aspectos. El primer paso importante que hay que dar está en nosotros mismos; necesitamos ante todo la voluntad y el compromiso para el cambio hacia otra forma de hacer ciencia y en segundo término, conocer las necesidades de la mayoría de la población. Para el desarrollo de Tecnologías Apropriadas es fundamental que los investigadores se comprometan en un trabajo conjunto con la gente. Desde la detección del problema hasta la puesta en práctica de las opciones.

El siguiente aspecto que se debe cumplir, en el mediano plazo, será la formación de profesionales capacitados para enfrentar los nuevos requerimientos científicos y tecnológicos.

La necesidad de lograr la precisión conceptual que nos conduce a poder resolver problemas que son decisivos para la sociedad en conjunto con la integración de la visión algunas veces utópica de las Tecnologías Apropriadas con el nuevo paradigma vigente de la innovación que se plantean en este trabajo crean un marco prometedor y viable que nos permita acercarnos cada vez más a un mundo más humano y convivencial pero su funcionalidad plena sólo será posible en

condiciones económicas, políticas y sociales radicalmente distintas a las que caracterizan al modelo existente.

REFERENCIAS

- [1] Schumacher, E F (2001) . *Lo pequeño es hermoso: Economía como si la gente importara* . Editorial AKAL, (texto en línea)
- [2] Antonorsi M.A. (1980) *Tecnología Suave*. Editorial Monte Avila.
- [3] Muñiz R. (2017) *El Biodiesel de Microalgas ¿Una alternativa adecuada para el sector energético?* Revista Tekhne. Vol 18 Facultad de Ingeniería. UCAB
- [4] Govindarajan V y Trimble C. (2012) *Innovación Inversa*. Editorial Norma
- [5] Muñiz R. (2017) *Biomimética. Herramientas de diseño inspiradas en la naturaleza* . Revista Tekhne. Vol 20 Facultad de Ingeniería. UCAB
- [6] Portillo A y Sirvent G (1987) *Tecnologías Alternativas para el Desarrollo Urbano*. Centro de Ecodesarrollo. Altadena México D.F.
- [7] Holmgren D (2013) *Permacultura, principios y senderos más allá de la sustentabilidad*. Editorial Kaicron
- [8] Brown, T., & Wyatt, J. (2010). *Design Thinking for Social Innovation*. Stanford Social Innovation Review,
- [9] Andreasen MM, Hein L (1987) *Integrated product development*. IFS-Springer Verlag, Berlin
- [10] Cordova W (2008) *Triz ,la herramienta del pensamiento y la innovación sistemática*. Revista del Departamento de Ciencias Administrativas Vol 3 N°6. Fondo Editorial. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [11] Manguera B (2015) *Metodologias de Inovação: Soluções da TRIZ aplicadas em um ambiente Design Thinking*. Universidad Estadual Paulista” Julio de Mesquita Filho” Campus de Guaratingueta
- [12] Trinidad Dorantes L (2007) *TRIZ: Una herramienta poderosa para las empresas mexicanas en los ámbitos productivo y administrativo*. Universidad Nacional Autónoma de México
- [13] Nishiyama J. C. ; Zagorodnova T y Requena C. E (2013) *TRIZ , Teoría de Resolución de Problemas Inventivos* .Universidad Tecnológica Nacional Regional General Pacheco. Argentina
- [14] Reyes P (2004) *Método TRIZ*. Escuela Superior de Comercio y Administración. Maestría en Administración de Negocios. Instituto Politécnico Nacional. México
- [15] Chala J. C. (2012) *Diseño de una metodología que reduzca la necesidad de expertos en el diseño de productos ambientalmente eficientes mediante el uso de elementos de la teoría para la resolución de problemas de inventiva ,TRIZ*. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial Bogotá, D.C., Colombia