

ANÁLISIS DE VARIABLES Y RELACIONES EN EL PROCESO DE DIFUSIÓN DE
INNOVACIONES APLICADO AL SECTOR ENERGÉTICO

AURA MARIA BETANCUR MONTES

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ESPECIALIZACIÓN EN GESTION DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2015

ANÁLISIS DE VARIABLES Y RELACIONES EN EL PROCESO DE DIFUSIÓN DE
INNOVACIONES APLICADO AL SECTOR ENERGÉTICO

AURA MARIA BETANCUR MONTES

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ESPECIALIZACIÓN EN GESTION DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2015

ANÁLISIS DE VARIABLES Y RELACIONES EN EL PROCESO DE DIFUSIÓN DE
INNOVACIONES APLICADO AL SECTOR ENERGÉTICO

AURA MARIA BETANCUR MONTES

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gestión de la Innovación
Tecnológica

Asesor

Diana Patricia Giraldo Ramírez

IAI. Doctora en Ingeniería

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

ESPECIALIZACIÓN EN GESTION DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

MEDELLÍN

2015

Octubre de 2015

Aura María Betancur Montes

Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada.

Firma

Aura M^a Betancur M.

A mis padres.....

AGRADECIMIENTOS

Especialmente quisiera agradecer a Diana Patricia Giraldo no solo por sus valiosos aportes sino por su infinita paciencia en este proceso y a mi familia por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	12
1. La difusión de la innovación y el sector energético	14
1.1 Una mirada desde la innovación tecnológica	14
1.2 Difusión de innovaciones	15
1.3 Sector energético.....	18
1.4 La difusión de innovaciones en el sector energético	21
2. Metodologías propuestas para la selección de variables	25
2.1 Matriz de impactos cruzados- Multiplicación aplicada a una matriz.....	25
2.2 Diagramas causales.....	28
3. Desarrollo metodológico para el análisis de la difusión de innovación en el sector energético	31
3.1 Fase 1. Revisión de artículos científicos	31
3.2 Fase 2. Selección de variables influenciables	32
3.2.1 Listado de Variables	33
3.2.2 Descripción de la relación entre variables.....	35
3.2.3 Identificación de variables.....	35
3.3 Fase 3. Diagrama Causal	38
3.3.1 Ciclos de realimentación.....	39
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXO 1	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano de Influencia Vs Dependencia.....	27
Figura 2. Matriz de Influencias directas.....	35
Figura 3. Plano de Influencias / Dependencias directas	36
Figura 4. Diagrama causal de la difusión de innovaciones de energía renovable	39
Figura 5. Ciclo de realimentación de I+D	40
Figura 6. Ciclo de realimentación de Producción de energía renovable.....	42
Figura 7. Ciclo de realimentación oferta y demanda de tecnología energética	43
Figura 8. Ciclo de realimentación de adopción de energía renovable	44

GLOSARIO

Diagrama causal: Es un diagrama que recoge los elementos clave del Sistema y las relaciones entre ellos. Son de suma utilidad puesto que posibilitan la identificación de puntos de palanca, los cuales puedan encauzar los sistemas a comportamientos deseados (Senge, 1990), lo que permite la evaluación de políticas. Las causas y efectos se describen por medio de flechas, donde la cola es la causa y la flecha el efecto. En la cabeza se encuentra la polaridad, la cual quiere describir el efecto que tiene la variable causa en su efecto. Las flechas van acompañadas de un signo (+ o -) que indica el tipo de influencia ejercida por una variable sobre la otra. Un signo "+" quiere decir que un cambio en la variable origen de la flecha producirá un cambio del mismo sentido en la variable destino. El signo "-" simboliza que el efecto producido será en sentido contrario. Así cuando un incremento de A, produce un incremento de B, o bien una disminución de A provoca una disminución de B, se tendrá una relación positiva. Y cuando un incremento de A, produce una disminución de B, o bien una disminución de A provoca un aumento de B, se tendrá una relación negativa (Sterman, 2000)

Difusión de innovación: Proceso mediante el cual una innovación es comunicada por ciertos canales a través del tiempo, entre los miembros de un sistema social (Rogers, 2003)

Dinámica de sistemas: Es una metodología mediante la cual es posible crear modelos de sistemas con cierto grado de complejidad que interactúan en forma constante con el medio. Esta nace a partir de la teoría de sistemas, ya que se emplea como método para entender el comportamiento no lineal de sistemas complejos. La idea principal para su análisis inicial consiste en entender la estructura del sistema.

Funciona como una técnica de simulación por computador, de modo que sirve para analizar, comprender y discutir situaciones y problemas complejos. (Aracil & Gordillo, 1997).

Innovación: Una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de

comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores (OECD, 2005).

MICMAC: Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicación aplicada a una clasificación. Ofrece la posibilidad de describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos, permite a partir de una lista de variables estructurales representar en una matriz las influencias directas entre las variables, extraer e identificar las variables claves del problema estudiado con la ayuda de gráficos que permiten la modelización del problema a abordar (Astigarraga, 2005).

Vigilancia tecnológica: Es un proceso organizado y selectivo para captar información del exterior o de una organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimientos con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios (AENOR, 2006).

Energía Renovable: Formas de energía que tienen una fuente prácticamente inagotable con respecto al tiempo de vida de un ser humano en el planeta, y cuyo aprovechamiento es técnicamente viable. Dentro de estos tipos de energía se encuentran: la solar, la eólica (viento), la minihidráulica (ríos y pequeñas caídas de agua), la biomasa (materia orgánica), la geotermia (calor de las capas internas de la Tierra) y la oceánica, principalmente (Obregon , 2003).

RESUMEN

En la actualidad las innovaciones tecnológicas juegan un papel fundamental y determinante en la competitividad y permiten identificar oportunidades para las organizaciones. Es importante que al momento de difundir una innovación ésta logre integrarse en la cultura de sus adoptantes y de esta forma determinar su éxito.

La difusión de innovaciones falla en ocasiones al no lograr comprender las variables que la afectan, para ello es importante contar con un análisis que contribuya al entendimiento de dicho proceso en donde se evalúen los diferentes aspectos que hacen parte del mismo. Se orienta la investigación al sector energético con el fin de identificar variables críticas que influyen en el proceso de difusión de tecnologías sostenibles debido a la falta de adopción de medidas de eficiencia energética a nivel mundial.

PALABRAS CLAVE: Innovación, difusión de innovaciones, diagrama causal, eficiencia energética, adopción, pensamiento sistémico.

INTRODUCCION

La difusión de innovaciones es un proceso esencial en la búsqueda del éxito de un producto, proceso o servicio, es por ello que las organizaciones realizan grandes inversiones en I+D para obtener desarrollos innovadores pero éstos se pueden perder por no realizar un proceso adecuado de difusión. Por ello resulta significativo conocer las variables y las relaciones que cobran importancia en dicho proceso para poder influir sobre ellas con el objetivo de mejorar los indicadores de desempeño de la innovación en diversos sectores.

Este proceso es poco investigado asimismo, falta comprensión acerca del cómo y por qué se adoptan o no las innovaciones. Si se logra aumentar el conocimiento acerca del proceso de difusión, se optimizará la gestión de la innovación y a la vez se obtendrán mejores resultados a partir de su comprensión.

El estudio de los procesos de innovación ha recibido una especial atención en los últimos años, en especial en la generación y difusión de productos y procesos en el campo energético dirigidos a la sostenibilidad, dada la importancia de la seguridad energética y la reforma medio ambiental de la sociedad. Se recurrirá a tecnologías de eficiencia energética y prácticas de la gestión de la tecnología para evitar o reducir lo que perjudica al medio ambiente.

Las nuevas tecnologías orientadas al aprovechamiento de la energía tendrán un impacto importante en los objetivos de sostenibilidad, sin embargo, se tiene poco conocimiento acerca del comportamiento del consumidor frente al cambio tecnológico y el impacto sobre la penetración del mercado, factores que determinan su adopción.

La innovación en tecnología energética es la clave para impulsar los cambios tecnológicos que son necesarios para mitigar las emisiones producidas por el efecto invernadero relacionadas con la energía para evitar el cambio climático (Surana , 2014). Resulta importante determinar la forma en que los adoptantes valoran los atributos específicos de la tecnología y las variables que influyen en la difusión de las mismas.

Logrando un mejor entendimiento del proceso de difusión se tiende a mejorar la perspectiva de la adopción, por ello al analizar diferentes casos reportados en artículos científicos e interpretando de qué forma las variables halladas actúan en el proceso de difusión se identificaran relaciones entre las mismas y se realizará una hipótesis causal del sistema para identificar relaciones de refuerzo y balance presentes en el sistema bajo estudio.

Una mejor comprensión de los procesos causales que influyen al adoptar una medida de eficiencia energética es de gran importancia ya que éstos serán de gran utilidad en la formulación de políticas que apoyan la innovación de tecnologías más sostenibles y permiten aplicarlas de una manera adecuada.

Partiendo del planteamiento anterior, este trabajo de grado propone el siguiente interrogante: ¿En qué medida la relación causal que existe entre las variables que actúan en la difusión de tecnologías de eficiencia energética, permite dar éxito al proceso de difusión de innovaciones y logra reducir el impacto ambiental causado por el aumento del uso de energía a nivel mundial?

Para dar respuesta al interrogante planteado, se ha propuesto el logro del siguiente objetivo general: Determinar las variables y relaciones más relevantes presentes en el proceso de difusión de innovaciones tecnológicas en el sector energético. Finalmente, se han propuesto los siguientes objetivos específicos: Revisar artículos científicos sobre difusión de innovaciones en el sector energético, determinar y documentar las variables del proceso de difusión de innovaciones en el sector energético halladas en los artículos científicos y, realizar un diagrama causal de las variables encontradas.

1. La difusión de la innovación y el sector energético

En este capítulo se mostrará el marco conceptual y estado del arte sobre el proceso de difusión de innovaciones. En la sección 1.1 se presenta una mirada sobre el significado de la innovación tecnológica. En la sección 1.2 se realiza una introducción sobre la difusión de innovaciones, sus inicios y principales características. En la sección 1.3 se habla sobre el sector energético en general y en la sección 1.4 se muestran antecedentes sobre difusión de innovaciones realizadas en dicho sector.

1.1 Una mirada desde la innovación tecnológica

Durante los últimos años se han incorporado nuevas tecnologías que redefinen la forma de vivir de la población, para ello las organizaciones se hallaron en la necesidad de evolucionar constantemente para ofrecer diferentes productos al consumidor, que a su vez se vuelve cada día más exigente con el mercado para satisfacer sus necesidades.

Las innovaciones tecnológicas son un factor fundamental para la competitividad lo que permite identificar oportunidades en las organizaciones. Se ha visto que una de las principales estrategias es captar la atención de los consumidores innovando en sus productos. La innovación en eficiencia energética comprende todas las innovaciones tecnológicas que permiten a las personas y las organizaciones producir un determinado bien o servicio con menos energía.

Se define innovación tecnológica como aquella que surge tras la utilización de la tecnología como medio para introducir un cambio en la empresa (COTEC, 2001) , es decir que las innovaciones tecnológicas se convierten en una herramienta importante para las organizaciones ya que permite introducir nuevas ideas, productos o servicios para aumentar la productividad y estrategia de negocio.

En el Manual de Oslo (OCDE, 2005) se definen dos tipos de innovación tecnológica que abarcan unos cambios en las actividades de la empresa: innovaciones de producto y proceso. La innovación de productos o servicios se refiere a la introducción en el mercado de un producto nuevo o de mejoras a un producto ya existente, mientras que la

innovación de proceso se define como la implementación de un método de producción o distribución nuevo o con un alto grado de mejora.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) habla de que se está ingresando en la era de las economías basadas en el conocimiento (*Knowledge-based-economies*), las cuales se basan en los procesos de innovación tecnológica, uso de conocimiento y de tecnologías de la información y la comunicación (OECD, 1996).

Las innovaciones tecnológicas traen para las empresas un alto grado de novedad, sin embargo una innovación no tiene que ser desarrollada por la propia empresa, sino que puede adquirirla de otras organizaciones mediante el proceso de difusión. Esta adopción de innovaciones resulta ser bastante influyente en todo el proceso de innovación de la empresa en general debido al flujo de conocimiento que genera para la misma y además que puede conducir en el futuro a mejoras en la innovación y desarrollo de nuevos productos y procesos.

1.2 Difusión de innovaciones

Las ciencias sociales particularmente la sociología, ha apoyado importantes teorías intentando explicar, comprender y predecir la evolución que han tenido los sistemas sociales. La teoría de difusión de innovaciones señala que la comunicación de información sobre las innovaciones a través de un sistema social fomenta la adopción (Rogers & Shoemaker, 1971).

El sociólogo Gabriel Tarde ha sido considerado padre de la difusión de innovaciones, creó su propio sistema de sociología con base en la psicología y realizó aportes al explicar la conducta social en el desarrollo de las culturas y actos del individuo.

Sin embargo fue el sociólogo Everett Rogers con la publicación de su libro "*Diffusion of Innovations*" quien realizó mayores aportes a esta teoría. Rogers define la innovación como algo que es percibido como nuevo por un individuo o grupo de posibles adoptantes. La percepción puede ser o no de algo nuevo, dependiendo solo de cómo fue percibida

por quien lo adopta. Rogers (1995) en la investigación realizada sobre la adopción define cuatro factores principales determinantes en el proceso:

- Las características de la innovación que pueden influenciar en su adopción
- Los canales de comunicación empleados en el proceso de innovación
- El tiempo de difusión
- El sistema social donde se difunde

Autores como Mahajan y Peterson (1978) definen factores adicionales a los nombrados por Rogers:

- Los adoptadores de la innovación
- El espacio
- Los agentes de cambio

De igual forma Hall (2004) expone que una importante característica de la difusión es la forma como este proceso interactúa con el proceso de innovación, es por ello que el éxito de la introducción de un nuevo producto, proceso o práctica en la sociedad dependerá de: la invención, la innovación y la difusión. Cabe resaltar que las alternativas en el proceso de adopción no están entre adoptar o no, sino entre adoptar ahora o después, esto sucede porque muchos de los beneficios que surgen al incorporar una innovación o tecnología son recibidos a lo largo de su uso, es decir actúa como un flujo y no como un punto al inicio de la adopción.

Dado que las decisiones no tienen autoridad, cada miembro de un sistema social se enfrenta a su propia decisión de innovación, dicho juicio sigue un proceso de 5 pasos: (1) El conocimiento - La persona toma conciencia de una innovación y tiene una idea de cómo funciona, (2) Persuasión – La persona forma una actitud favorable o desfavorable de la innovación, (3) La decisión – La persona se involucra en actividades que lo llevan a una elección de adoptar o rechazar la innovación, (4) Aplicación – La persona poner una innovación en uso, (5) Confirmación – La persona evalúa los resultados de una decisión-innovación ya realizados (Orr, 2003). La decisión de innovación se toma a través de un

análisis de costo – beneficio en el que el principal obstáculo es la incertidumbre, la gente adoptará una innovación si creen que será para mejorar su utilidad.

La característica más llamativa de la teoría de difusión es que para la mayoría de los miembros de un sistema social la decisión de adoptar depende en gran medida de las decisiones de los demás miembros del sistema, de hecho prácticamente percibimos la propagación con éxito de una innovación que esta sigue una curva en forma de S. Los expertos en difusión dividen esta curva en forma de campana para caracterizar cinco categorías de innovación para los miembros del sistema, donde la innovación es el grado en que el individuo es relativamente temprano en la adopción de nuevas ideas que otros miembros del sistema. Estos grupos son: (1) los innovadores, (2) los primeros en adoptar, (3) primera mayoría , (4) mayoría tardía y (5) los rezagados (Orr, 2003).

Los primeros en adoptar utilizan los datos proporcionados por la aplicación y la confirmación de adoptar por parte de los innovadores, si los líderes señalan que la decisión ha sido efectiva, los demás se animarán a adoptar. Gran parte del sistema social no mantiene el interés por estar actualizado con la información más reciente sobre las innovaciones por lo que se conforman con depositar la confianza en las decisiones tomadas por líderes de opinión.

El impacto económico de los nuevos productos y procesos depende de la velocidad con la que se difunden entre los usuarios potenciales. La teoría de difusión también trata de responder el por qué nuevos y presumiblemente superiores productos y procesos no son adoptados inmediatamente por los potenciales usuarios que pueden obtener beneficio. Para ello, la teoría debe tratar, tanto las variables y subsistemas que intervienen en el proceso y cómo influyen desde el tema de contagio desde el lado de la oferta de las mismas, proporcionando un modelo característico del proceso (Breu, Guggenbichler, & Wollmann, 2008)

Sterman (2000) expone que la propagación de rumores y de ideas nuevas, la adopción de nuevas tecnologías y el crecimiento de todos los productos nuevos, pueden ser vistos como la difusión de una epidemia, de forma que los que han adoptado una innovación “infectan” a los que no lo han hecho. Las ideas nuevas se propagan de forma que los que

creen en ellas entran en contacto con los que no creen y los convencen para que acepten la nueva idea.

1.3 Sector energético

El sector energético tiene gran importancia en la economía a nivel mundial, el consumo de energía ha aumentado de manera sustancial, esos patrones de consumo incluyen un impulso en las ventas de automóviles y electrodomésticos. Desde Argentina hasta India grandes masas de población se incorporan en un modelo de vida más avanzado lo que trae consigo que el consumo energético se dispare. La Agencia Internacional de la Energía prevé un 53 % de incremento de la demanda para el año 2030, siendo el consumo de China e India el responsable de un 70% de ese crecimiento (Duart Belloque, 2007)

Este alto consumo que se pronostica, trae a su vez la preocupación sobre la contaminación y los efectos ambientales que esto conlleva, sin embargo se cuenta actualmente con una mayor conciencia por parte de gobiernos, familias y empresas en la generación sustentable de energía, el incremento y la eficiencia y ahorro energético son tarea colectiva.

Para generar la energía es necesario contar con los recursos económicos, financieros, y humanos adecuados debido a que es una actividad intensiva en capital. Utiliza economías de escala para reducir costos y maneja tecnología de manera progresiva, por ello realiza grandes inversiones en investigación y desarrollo tecnológico, además realiza inversiones en la construcción de infraestructura para su producción, transporte, almacenamiento y producción pero sobre todo, está vinculada con el problema de cambio climático y efecto invernadero. Elegir el combustible base para la generación de energía en un país depende de varios factores, como disponibilidad, facilidad de transporte, costo de producción, intensidad en su consumo, capacidad de ingreso de los compradores y con el tiempo el efecto contaminante que se derive de ellos (Romo & Galina, 2008).

Los altos precios de la energía influyen en la demanda de los combustibles ya que se trata es de encontrar alternativas de generación que disminuyan costos y que no contaminen. Entre los combustibles base para la generación de energía se encuentran: Petróleo, gas natural y carbón; éstos a pesar de los niveles de contaminación que ocasionan, tienen un bajo costo y relativa disponibilidad.

De igual forma existen también fuentes de energía renovable que son aquellas que después de ser utilizadas se pueden regenerar de manera natural o artificial lo que se convierte en una alternativa mas limpia para el medio ambiente, entre las fuentes de energía renovable mas tratadas se encuentran: Eólica (viento), solar (sol), mareomotriz (marea), hidráulica (embalses), geotérmica (Interior de la tierra) y biomasa (vegetación), sin embargo, se requiere enfrentar varios retos para lograr una penetración de estas energías renovables entre los que se encuentran: incorporación de tecnología competitiva, desarrollo de mercados regionales y derribar costos. Los gobiernos industrializados juegan un papel fundamental para lograr impulsar el uso de alternativas de generación sostenible.

El consejo mundial de energía (*World Energy Council*) en el marco del denominado “Trilema Energético Mundial” define tres objetivos de la política energética, en primer lugar, garantizar la seguridad del abastecimiento energético. En segundo lugar, la minimización del impacto medioambiental, tanto en términos de contaminación como del cambio climático. En tercer lugar, la igualdad energética destaca la importancia del acceso y la asequibilidad de los servicios de energía para los habitantes de un país (Colombia Energía, 2015)

Colombia es un país que tiene un alto potencial eléctrico debido a que cuenta con recursos para generar electricidad y con instituciones que rigen el mercado eléctrico. Hoy el 63% de la capacidad instalada del país para la generación de energía corresponde a fuentes hídricas, dicha condición se ha replanteado un poco debido a las dificultades climáticas que se presentan ya que cada día se agotan más las fuentes hídricas de la tierra, por ello sea tratado de explorar otras alternativas de generación que complementen la generada por hidroeléctricas como lo son la eólica, solar y geotérmica.

La Unidad de Planeación Minero Energética (Upme) proyecta un aumento de la demanda eléctrica del 2,4 % en 2015.

El marco regulatorio del sector eléctrico clasifica las actividades que desarrollan los agentes para la prestación del servicio de electricidad en: generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. En cuanto a las empresas generadoras de energía sobresalen EPM e ISAGEN que controlan el 50% de la generación de energía total. En la transmisión el sistema nacional interconectado destaca la compañía Interconexión Eléctrica S.A que pertenece al gobierno, sin embargo sobresalen de igual forma empresas como CODENSA, EMSA y EEB. Para la distribución y comercialización existen más de 20 empresas que se encargan de este proceso entre ellas Endesa de Bogotá y EPM de Medellín (UPME, 2014).

En Colombia se encuentran actualmente proyectos como el parque eólico de Jepírachi, al norte del país, proyecto piloto de EPM (Empresas Públicas de Medellín) que comenzó a operar en el año 2004 y a 2015 cuenta con una capacidad de generación de 19,5 megavatios de potencia nominal.

Además se han registrado tres proyectos más de energía eólica ante la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) estos tres parques eólicos: Carraizal que podría generar 195 megavatios, Casa eléctrica que generaría 180 megavatios de capacidad y el más pequeño en cuanto a capacidad de generación es el parque eólico Irraipa que podría generar 99 megavatios. Es así como de construirse estos tres parques eólicos se multiplicaría por cuatro la capacidad eólica del país (Portafolio, 2015).

Hoy día también hay un proyecto en marcha con Isagén y el Gobierno y con cooperación técnica con Japón apoyando en la determinación del potencial geotérmico del volcán nevado del Ruiz. Con esta iniciativa se está dando un gran paso en el proceso de generación de energía geotérmica. Actualmente se están realizando pruebas para determinar su factibilidad y se están evaluando los aspectos sociales y ambientales que estarían asociados a su implementación.

La unidad de planeación, espera que al 2028 las energías renovables no convencionales (en particular solar y eólica) representen el 10 por ciento de la capacidad instalada en el país.

Uno de los grandes proyectos energéticos de Colombia entrará en operación en las próximas semanas. Se trata de Hidrosogamoso, que agregará 800 megavatios a la capacidad instalada del país. Asimismo, para enfrentar los retos estructurales del sector en el largo plazo, la industria está bien posicionada: nueve nuevas plantas de energía tanto térmica como hidráulica están programadas para entrar en operación este año lo que representa alrededor del 11 por ciento de la capacidad instalada actual del país (14.700 MW) (Revista Semana, 2014).

1.4 La difusión de innovaciones en el sector energético

La teoría de la difusión de innovaciones puede explicar los factores que determinan la velocidad a la que las nuevas tecnologías energéticas se propagan a través de la sociedad.

La demanda de energía a nivel mundial ha crecido de manera sustancial durante el último siglo, es por ello que la difusión de innovaciones en el sector energético está enfocada principalmente en mejorar la eficiencia energética para el desarrollo de un sistema de energía global más sostenible.

La falta de adopción de medidas de eficiencia energética ha sido ampliamente reconocida en la literatura y acuñada como “brecha de eficiencia energética”, dicha brecha muestra la existencia de barreras a la eficiencia energética (Cooremans, 2007). No obstante está claro que la transición a una producción más sostenible requiere diferentes prácticas a las que son usadas hoy en día, ahí es donde la innovación tecnológica juega un papel fundamental debido a que ayuda a impulsar cambios tecnológicos para el uso de energía renovable y sostenible.

Se consideran tecnologías de eficiencia energética las innovaciones ecológicas definidas por Beise y Rennings (2003) como “procesos nuevos o modificados, técnicas, prácticas, sistemas y productos para evitar reducir lo que perjudica el medio ambiente”, sin embargo las innovaciones ecológicas podrían desarrollarse con o sin el objetivo específico de reducir el daño ambiental, hay quienes por ejemplo pueden estar motivados por objetivos de negocio tales como reducción de costes o mejoras en la calidad de sus productos.

Autores como Hellström (2007) señala que la innovación ecológica debe estar respaldada por una evolución correspondiente de acuerdos sociales y apoyo del gobierno para estimular el desarrollo de tecnologías de eficiencia energética, además indica que la orientación de las exportaciones de algunos países tiene grandes efectos positivos en las innovaciones de eficiencia energética con el aumento de costos de electricidad.

La energía renovable ha sido uno de los objetivos fundamentales de las operaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), igualmente ha promovido la demostración, instalación y difusión de tecnologías de energía renovable. Entre los ejemplos de su causa cabe nombrar el liderazgo del FMAM en el financiamiento y la difusión de los sistemas de energía solar para viviendas, linternas solares y la energía renovable para bombas de agua y riego en África al sur del Sahara y Asia Meridional (Barbut, 2009).

En este proceso de difusión de innovaciones en el sector se envuelven una serie de factores que en ocasiones se convierten en obstáculos para una mayor difusión, un ejemplo de ello lo muestra la tecnología de los calentadores de agua con energía solar que aunque en un principio parezca sencilla, la calidad de los accesorios, los colectores solares y la instalación influyen de manera importante en el funcionamiento. En consecuencia los materiales más baratos, las deficiencias técnicas y la falta de cuidado en la instalación han dado lugar a unidades no funcionales y al abandono de las instalaciones. La experiencia muestra entonces que es importante disponer de personal técnico bien capacitado y observar prácticas de calidad para una correcta difusión de esta tecnología.

En países como el Reino Unido se han creado retos de política energética tales como: (1) la amenaza del cambio climático, (2) la disminución de petróleo, gas y carbón en la producción nacional y, (3) la necesidad de inversión en infraestructura para energía. Este país fue el primero en anunciar una importante reducción de emisiones de carbono a largo plazo, con un objetivo del 60% para el 2050. La seguridad energética es también una política importante para el Reino Unido debido al agotamiento de recursos internos de los combustibles fósiles y el aumento de la dependencia de importaciones de energía con inestabilidad de proveedores, es por tal motivo que como política energética requieren una rápida difusión de los vehículos de combustible alternativo (AFV) que reduciría la dependencia del petróleo y lograría la reducción de emisiones de carbono para el año 2050 (Tran, 2012).

Por ejemplo en India el uso de tecnologías de información, internet y comunicaciones móviles influyen de manera positiva para los productores de energía renovable, esto ayuda en el proceso de comunicación con los clientes en la forma en la que informan los beneficios, informar la disponibilidad de proveedores, cambios importantes, compradores potenciales y competencia (Swaminathan & Dhingra, 2012). Los productores de energía renovables en India necesitan tener alianzas que los ayuden a escalar rápidamente lo que les hará reducir costos y acelerar la adopción.

La mayoría de estudios tienden a centrarse en una tecnología en particular y pocos se enfocan en cómo la tecnología se extiende por toda la sociedad. Existen características tecnológicas y económicas de la innovación, características del actor, y las redes en las que participa tales como gobierno, mercado, sociedad que podrían tener impacto en la toma de decisiones, es decir, no solo basta con adquirir la tecnología sino estudiar el entorno en la que será implementada. El objetivo de una sociedad sostenible implica que el futuro el consumo de energía y de materias primas no debe ir más allá de la capacidad de la tierra para recuperar su equilibrio ecológico. La velocidad en la que los recursos fósiles se están agotando requiere de una transición a un modo de uso de menos energía lo que requiere una considerable mejora en la eficiencia ecológica.

En el proceso de difusión se requiere de igual forma de apoyo gubernamental en donde se diseñen instrumentos de política eficaces a través de normas y estándares para

estimular la innovación así como realizar un aumento en los subsidios que permitirán adoptar ciertas tecnologías.

2. Metodologías propuestas para la selección de variables

En este capítulo se realiza una breve descripción de la metodología planteada para la selección de las variables más influyentes en el sistema. En la sección 2.1 se realiza una introducción al método estructural MICMAC y las diferentes fases que lo componen. En la sección 2.2 se habla sobre la lógica y bondades de los diagramas causales, como una metodología propia para identificar puntos de palanca en un sistema bajo estudio.

2.1 Matriz de impactos cruzados- Multiplicación aplicada a una matriz

El acrónimo MICMAC proviene de las palabras: Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación aplicada a una Clasificación, método elaborado por M. Godet en colaboración con J. C Duperrin (Godet, 2007).

El método estructural MICMAC tiene como objetivo analizar de una forma cualitativa las relaciones que existen entre variables que componen un sistema ya sea dentro de una empresa, organización, sociedad, entre otros. Este método es un análisis estructural y se apoya en opiniones cualitativas de expertos.

El análisis estructural es una herramienta diseñada para vincular ideas. Permite describir el sistema gracias a una matriz que une todos sus componentes, mediante un análisis de estas relaciones, el método permite destacar las variables que son esenciales para la evolución del sistema (Arcade , Godet, Meunier , & Roubelat, 2004). Las diferentes fases de método son: listado de variables, descripción de relación entre variables e identificación de variables. A continuación se describen cada una de las fases.

Fase 1: Listado de Variables. Esta fase consiste en enumerar el conjunto de variables que caracterizan el sistema estudiado y su entorno (tanto internas como externas), se recomienda en esta fase ser lo más exhaustivo posible y no excluir ninguna pista de investigación. La experiencia demuestra que no se debe exceder el número de 70-80 variables.

Es importante darle un nombre claro a la variable para no generar confusiones y realizar una descripción detallada para facilitar el seguimiento y la localización de relaciones entre las variables, se puede además buscar si se pueden fusionar entre ellas para que no resulten duplicadas.

Fase 2: Descripción de relación entre variables. En esta fase se relacionan las variables en un tablero de doble entrada o matriz. El relleno es cualitativo, por cada pareja de variables se plantean las siguientes preguntas: ¿Existe una relación de influencia directa entre la variable i y la variable j ? Si la respuesta es NO se escribe 0, en caso contrario se pregunta si esta relación de influencia es débil (1), mediana (2), fuerte (3) o potencial (P).

Fase 3: Identificación de variables. Esta fase consiste en identificar las variables, es decir aquellas que son esenciales a la evolución del sistema, en primer lugar mediante una clasificación directa (de realización fácil, mediante sumas de valores de motricidad/influencia y dependencia para cada una de las variables) y posteriormente por una clasificación indirecta; esta clasificación indirecta se obtiene después de la elevación en potencia de la matriz. La principal utilidad es estimular a la reflexión sobre los aspectos intuitivos del comportamiento del sistema, los resultados no deben ser tomados al pie de la letra ya que su finalidad es la de reflexionar y obtener su propia interpretación.

La clasificación alcanzada por el MICMAC arroja un listado de variables con su correspondiente indicador de influencia y dependencia. Ubicando estos valores en un gráfico de dispersión (en el eje Y influencia y en el eje X dependencia), si se calcula el valor medio de cada eje y se traza una línea en cada uno de ellos el plano queda dividido en cuatro cuadrantes o zonas. Se muestran a continuación sus características con apoyo de la siguiente imagen:

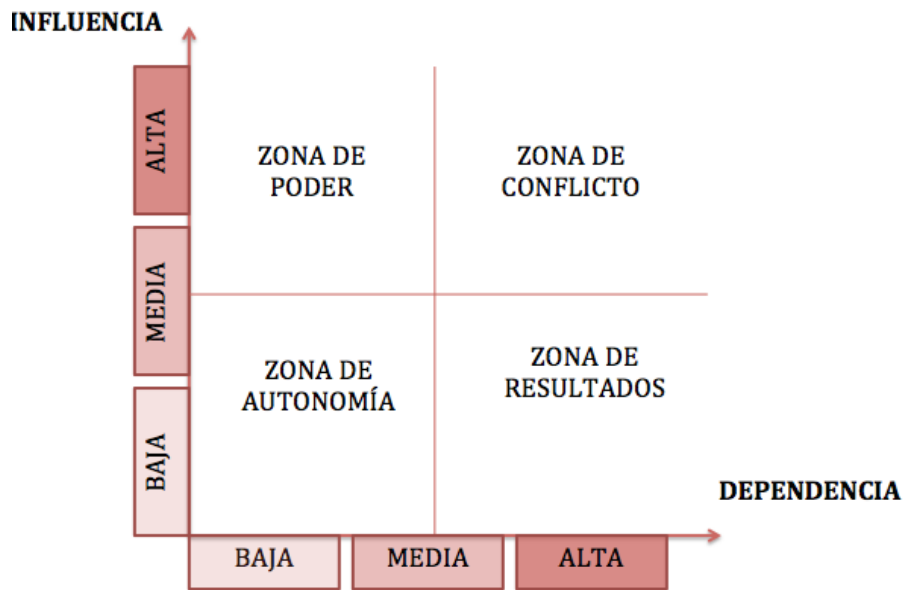


Figura 1. Plano de Influencia Vs Dependencia

Zona de Poder: Zona donde se ubican las variables de entrada, son **muy** influyentes y poco dependientes. Es entendida como la zona de tendencias ganadoras, es decir estas variables van a influenciar de manera directa el sistema y no dependerán de otras variables para surgir.

Cualquier transformación de estas tendrá consecuencias en todo el sistema. Al ser las que tienen mayores efectos sobre las demás es importante tener en cuenta si se dispone de instrumentos para actuar sobre ellas, ya que forman un campo de acción clave.

Zona de Conflicto: Se ubican las variables de enlace, son muy influyentes y muy dependientes. Esto significa que sus cambios producen grandes impactos pero a la vez son muy propensas a los cambios que sucedan en las otras variables.

Zona de Autonomía: En esta zona se ubican las variables excluidas, son poco dependientes y poco influyentes, sus efectos son poco relevantes para el sistema.

Zona de Resultados: Aquí se ubican las variables resultado estas son muy dependientes y poco influyentes. Dependen fuertemente de las variables de poder y sus efectos sobre otras variables son mínimos.

2.2 Diagramas causales

El planteamiento de diagramas causales hace parte de un paradigma para la modelación de sistemas complejos como la dinámica de sistemas. Su objetivo básico es comprender las causas que provocan el comportamiento del sistema, esto involucra tener un amplio conocimiento sobre el papel que juega cada elemento del sistema y ver como diferentes acciones efectuadas resaltan o disminuyen las tendencias de comportamiento incluidas en el mismo. El análisis obtenido permite obtener la lógica interna del modelo y con ello tener un conocimiento de la evolución a largo plazo del sistema, lo que convierte en puntos fundamentales en la construcción del diagrama el análisis de la lógica interna y las relaciones estructurales en el modelo (García J. M., 2014).

La dinámica de sistemas es un instrumento muy útil porque ofrece sencillez y potencia para analizar los problemas que aparecen en un mundo que caracteriza por el cambio constante, a su vez esta herramienta se basa en la utilización de dos tipos de diagramas, los Diagramas Causales y los Diagramas de Forrester que tienen origen en la Teoría General de Sistemas.

Según Sterman (2000) los diagramas causales son una herramienta importante para la representación de la estructura de los sistemas de retroalimentación. Esta herramienta ha sido utilizada durante mucho tiempo en el trabajo académico y es cada vez más común a nivel empresarial, estos diagramas son excelentes para:

- Capturar rápidamente sus hipótesis sobre las causas de la dinámica
- Provocar la captura de modelos mentales de los individuos o equipos
- Comunicar las evaluaciones importantes que se creen son responsables de un sistema

Un diagrama causal consiste en variables conectadas por flechas que indican las influencias causales entre variables; también se identifican en el diagrama los circuitos de retroalimentación. A cada relación de causalidad se le asigna una polaridad que puede ser positiva (+) o negativa (-) estas indican cómo la variable dependiente cambia cuando la variable independiente también lo hace. Los ciclos importantes se destacan mediante un identificador que muestra si el ciclo es retroalimentación positiva (Refuerzo) o negativa (Equilibrio).

Las relaciones causales se denotan mediante las siguientes ecuaciones:

$$X \rightarrow +y \Rightarrow \frac{\partial y}{\partial x} > 0; X \rightarrow -y \Rightarrow \frac{\partial y}{\partial x} < 0$$

Donde;

X: es la variable causal; y

Y: es la variable efecto.

Un vínculo positivo indica que si la causa aumenta, el efecto también aumenta y si la causa disminuye el efecto también lo hará. Un vínculo negativo significa que si la causa aumenta, el efecto disminuye y si la causa disminuye el efecto aumenta. Todo este enlace de polaridades describen la estructura del sistema mas no el comportamiento de las variables, es decir, describen lo que pasaría si hubiera un cambio pero no describe lo que realmente sucede.

Cabe aclarar que el aumento de una variable causa no significa necesariamente que el efecto va a aumentar. Hay dos razones, en primer lugar una variable a menudo tiene más de una entrada, para determinar lo que realmente sucede es necesario saber cómo todas las entradas están cambiando. En segundo lugar los diagramas de bucle causal no distinguen entre acciones y flujos, es decir, la acumulación de recursos en un sistema y las tasas de cambio que alteran dichos recursos.

El camino correcto para determinar la polaridad de un bucle es rastrear el efecto de un pequeño cambio en una de las variables de medida que se propaga alrededor del bucle, si el efecto de retroalimentación refuerza el cambio original es un bucle positivo, si se opone al cambio original es un bucle negativo. Las variables utilizadas en el modelo causal son nombradas con sustantivos, los verbos se utilizan en los vínculos causales que unen las variables.

3. Desarrollo metodológico para el análisis de la difusión de innovación en el sector energético

En este capítulo se desarrolla la metodología utilizada durante la investigación. En la sección 3.1 se presenta la Fase 1 donde se realiza la revisión de artículos científicos hallados durante la vigilancia tecnológica. En la sección 3.2 se presenta la Fase 2 donde se seleccionan las variables más influenciadas con la ayuda de la metodología MICMAC y, finalmente, en la sección 3.3 se presenta el diagrama causal propuesto, en el que se relacionan las variables más influyentes, se identifican y se explican los bucles que lo componen.

3.1 Fase 1. Revisión de artículos científicos

Se realiza el proceso de vigilancia tecnológica con el fin de obtener información verídica y oportuna acerca de la difusión de innovaciones en el sector energético.

Según las normas UNE 16600 y 166006 se define la vigilancia tecnológica como un proceso organizado, selectivo y sistemático para captar información sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios.

El proceso de vigilancia tecnológica se convierte en un paso casi obligado en una investigación debido a la importancia de realizar un análisis externo y sobre todo buscar medios verídicos para hacer análisis efectivos frente a la información que día a día va en aumento. La principal utilidad de la vigilancia es realizar un procesamiento de información en interpretación de señales en donde se busca comprender el entorno analizando que cambios y tendencias se encuentran actualmente, oportunidades y debilidades, asimismo ayuda a redefinir supuestos, reducir riesgos y dirigir esfuerzos.

Se efectúa la vigilancia sobre diferentes bases de datos filtrando artículos que arrojen información sobre Difusión de Innovaciones en el sector Energético, bases de datos como *Academic Search Complete*, *Science Direct* y *Scopus* fueron usadas durante la

investigación, además se hallaron artículos a través del buscador Google que también fueron apoyo durante el proceso.

La investigación se centró en encontrar artículos científicos que pudieran dar luz acerca de las variables que influyen en el proceso de difusión de innovaciones en el sector energético. Se filtraron finalmente 37 artículos hallados en su mayoría a través de la base de datos *Science Direct*. Los términos empleados en la ecuación fueron: “diffusion of innovations in the energy sector”, “energy efficiency”, “innovation diffusion” y “renewable energy”.

Los artículos analizados provienen en su mayoría de países como Reino Unido y Estados Unidos, seguidos por Alemania, Holanda y Japón, sin embargo países como Italia, India, Francia, Corea, Canadá, y Grecia figuran con publicaciones, en general estos artículos provienen de centros de Investigación de Universidades y centros de I+D enfocados al estudio y producción de energías renovables.

En el **Anexo 1** se listan los artículos que se destacaron en el proceso de vigilancia y de los cuales se extrae información relevante para la investigación actual. Se lista el nombre del artículo, autor (es), año de publicación, palabras clave y revista en la que se publicó.

3.2 Fase 2. Selección de variables influenciadas

El análisis de los diferentes artículos muestra cómo en diferentes partes del mundo adoptan innovaciones en el sector energético, todo esto con el fin de adquirir tecnologías más amigables con el medio ambiente para mantener las necesidades energéticas mundiales y llegar a una producción más sostenible, sin embargo, poco se sabe del comportamiento del consumidor frente al cambio tecnológico que se obtiene durante este proceso.

La fase de selección de variables se realizó mediante el análisis estructural con ayuda de la metodología **MICMAC** que sirvió de guía para determinar las variables más influenciadas dentro del sistema. Se implementó la metodología en función de tres

etapas: (a) Listado de variables, (b) Descripción de la relación entre variables, (c) Identificación de variables, estos pasos definen la estructura del sistema la cual se convierte en la clave de su dinámica.

Se realizó el análisis con 31 variables que muestran cómo su influencia en el proceso de difusión puede determinar la velocidad a la que las nuevas tecnologías energéticas se propagan a través de la sociedad.

3.2.1 Listado de Variables

Esta primera etapa es crucial para el resto del proceso ya que no solo se generan las variables sino también la estructura del sistema que se está estudiando. Este proceso de identificación de variables se realizó a través de la lectura juiciosa de los artículos hallados en la vigilancia tecnológica.

En el análisis se hallaron variables críticas que explican la difusión de innovaciones en el sector energético, en la **Tabla 1** se muestra la lista de variables con una breve descripción:

Nº	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
1	Costo de la tecnología	Precio que cuesta adquirir la tecnología
2	Inversión de capital	Activos para la producción, distribución, transporte y utilización de la energía
3	Atributos de la innovación	Propiedades con las que cuenta la innovación
4	Utilidad percibida	Ventaja que se obtiene al adoptar
5	Disponibilidad de Proveedores	Capacidad para utilizar medios de comunicación para informar disponibilidad de los proveedores y estado de los competidores
6	Regulaciones del gobierno	Marcos legales que regulan las actividades relacionadas con temas energéticos
7	Hábitos de los consumidores	Costumbres de los consumidores en cuanto a la adquisición de nuevas tecnologías
8	Normas de conducta social	Aplicación de normas e instrumentos que impulsen la adopción
9	Redes entre adoptantes	Grupos de usuarios que adoptan tecnologías
10	Inversión pública	Gasto publico invertido en I+D

11	Mercados para la creación de tecnologías	Disponibilidad de espacios que incentiven proyectos tecnológicos basados en energía
12	Contexto socio geográfico	Espacios en donde se adopta la innovación
13	Origen étnico	Origen
14	Ingresos per cápita	Capacidad para invertir en tecnologías eficientes
15	Escolaridad	Nivel de escolaridad del adoptante
16	Conocimiento relacionado con la eficiencia	Búsqueda, identificación y análisis obtenido al adoptar tecnologías respetuosas con el medio ambiente.
17	Flujos de conocimiento entre países	Canales de conocimiento entre países
18	Similitudes lingüísticas	Compresión frente a los atributos obtenidos de la tecnologías mediante el boca a boca
19	Eficiencia de la tecnología	Optimización del uso de la tecnología energética
20	Conciencia Ambiental	Comportamiento del consumidor frente a los cambios ambientales que surgen con la implementación de tecnologías
21	Subsidios invertidos en I+D	Mecanismos financieros para hacer mas asequible la tecnología
22	Apoyo gubernamental:	Diseño de instrumentos de política eficaces
23	Tamaño de la empresa	Disponibilidad de recursos técnicos y de infraestructura para implementar proyectos y procesos de innovación
24	Capacidad de innovación del mercado	Habilidad, competencia, experiencia en el proceso de innovación. Disponibilidad de recursos (humanos, técnicos, administrativos , legales) para la venta de productos y servicios
25	Innovaciones ecológicas	Procesos nuevos o modificados, técnicas, prácticas y sistemas para evitar o reducir daños en el medio ambiente
26	Capacitaciones de la tecnología	Conjunto de acciones planificadas para la enseñanza-aprendizaje de la tecnología
27	Orientación hacia la exportación	Oportunidades de intercambio de tecnologías
28	Lecciones aprendidas de expertos	Utilización de conocimientos y experiencias de expertos. Asesoramiento de especialistas.
29	Foros entre usuarios	Grupo de usuarios que impulsa el uso, compra y mantenimiento de la tecnología
30	Educación en oportunidades de inversión	Lineamientos para promover la generación de conocimientos en inversión para aumentar la actividad innovadora
31	Referencias personales	Referencias formales de organizaciones

Tabla 1. Listado de Variables

3.2.2 Descripción de la relación entre variables

Después de definir las variables e ingresarlas al MICMAC, el paso a seguir es definir las relaciones que existen entre ellas. Seguido esto, es necesario completar la matriz ingresando los valores en la matriz de influencias directas, dichos valores se ingresan generalmente de forma cualitativa, : 0 (nulo), 1 (débil), 2 (medio), 3 (fuerte), P (potencial). La siguiente fue la matriz obtenida:

	31 : Ref Pers	30 : Edu Invers	29 : Foros usu	28 : Lecc Apren	27 : Orient Exp	26 : Cap tecnol	25 : Inn ecole	24 : Cap Inn	23 : Tam Empr	22 : Apoy Gub	21 : Sub I+D	20 : Conc Amb	19 : Efi tec	18 : Simil ling	17 : Flujo pais	16 : Conoc Efic	15 : Escolarid	14 : Ing percap	13 : Orig Etnic	12 : Contex Soc	11 : Merc Tecn	10 : Inv Pub	9 : Red Adop	8 : Norm Condu	7 : Habit Cons	6 : Reg Gob	5 : Disp Prov	4 : Utilidad	3 : Atrib Inn	2 : Inv Cap	1 : CostoTec							
1 : CostoTec	0	1	2	1	3	2	1	1	0	2	2	2	2	3	0	1	1	0	1	0	0	2	2	2	1	1	0	2	2	2	2							
2 : Inv Cap	3	0	P	3	2	1	2	0	2	3	3	3	1	3	2	1	2	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	1	1	0							
3 : Atrib Inn	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0							
4 : Utilidad	0	0	P	0	1	1	3	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
5 : Disp Prov	2	0	1	1	0	1	0	0	2	3	2	2	2	0	1	0	1	3	2	2	0	1	1	3	2	2	0	2	0	0	0	0						
6 : Reg Gob	2	2	1	0	1	0	0	2	0	3	0	3	0	2	0	1	0	2	1	1	1	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0						
7 : Habit Cons	1	2	3	3	0	2	0	3	3	0	0	3	3	2	2	2	1	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
8 : Norm Condu	0	2	1	2	1	3	3	0	2	0	0	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2						
9 : Red Adop	2	0	2	3	1	2	2	0	0	2	2	2	1	1	2	0	0	3	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	3	0	3	0						
10 : Inv Pub	2	3	2	1	2	3	1	2	1	0	3	3	0	2	0	0	3	0	0	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
11 : Merc Tecn	2	3	0	3	3	3	2	1	2	3	0	2	1	2	1	1	3	1	3	0	2	2	2	3	3	1	3	3	2	2	0	0						
12 : Contex Soc	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	0	3	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	1	0	2	2	1	0	0	0	1	1					
13 : Orig Etnic	0	1	0	0	2	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
14 : Ing percap	3	3	1	1	1	2	0	0	1	2	1	2	0	1	1	0	0	0	1	3	2	3	1	0	2	1	0	0	0	2	2	2	2					
15 : Escolarid	1	0	0	1	0	1	1	2	2	1	1	2	2	2	0	1	1	1	1	3	2	1	0	1	1	2	0	1	0	3	0	0	0	1				
16 : Conoc Efic	1	1	2	3	0	0	2	1	3	0	1	2	1	0	3	0	3	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17 : Flujo pais	0	0	2	1	1	0	0	0	3	2	2	2	2	1	0	3	0	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	3	2	2	2			
18 : Simil ling	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	0	1	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2			
19 : Efi tec	3	1	3	3	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0		
20 : Conc Amb	1	1	2	2	P	2	3	3	3	0	0	3	1	1	3	3	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
21 : Sub I+D	2	3	2	P	2	3	2	0	1	3	3	3	1	3	1	1	2	1	3	2	0	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22 : Apoy Gub	1	2	1	P	1	3	0	1	0	3	3	3	2	1	0	0	3	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23 : Tam Empr	2	2	0	2	3	1	0	0	1	2	2	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
24 : Cap Inn	1	1	3	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	0	1	P	3	2	1	0	3	2	0	1	1	2	0	1	1	2	0	0		
25 : Inn ecole	0	2	3	2	1	2	2	2	1	1	0	2	P	2	0	2	1	1	2	2	3	0	1	3	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	2		
26 : Cap tecnol	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	2	0	0	1	0	1	0	2	2	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0		
27 : Orient Exp	1	1	2	3	1	1	2	2	2	P	2	0	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	0	3	0	2	1	0	3	0	0	2	2	3	1	1		
28 : Lecc Apren	0	0	0	0	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	1	2	3	1	2	1	1	0	2	2	0	3	0	0	0	3	2	1	1	0	3	2	1	
29 : Foros usu	0	0	1	3	1	1	2	2	3	0	1	0	0	0	1	3	2	3	2	2	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
30 : Edu Invers	1	1	1	2	0	2	1	2	2	P	2	2	1	1	P	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	0	2	0	
31 : Ref Pers	1	1	2	3	1	1	2	3	3	0	0	2	1	0	1	2	0	2	1	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	2	1	0	

Figura 2. Matriz de Influencias directas

3.2.3 Identificación de variables

A partir de los resultados obtenidos en la Matriz de Influencias Directas se lograron identificar ciertas variables que juegan un papel importante en el sistema. En la Figura 3

se muestra el plano cartesiano donde el eje Y es la influencia y el eje X es la dependencia, allí se representan las influencias y dependencias directas de las 31 variables utilizadas.

Se puede observar que el plano se encuentra dividido en 4 cuadrantes de los cuales cada uno de ellos contiene unas variables, la lectura se realiza de la siguiente forma:

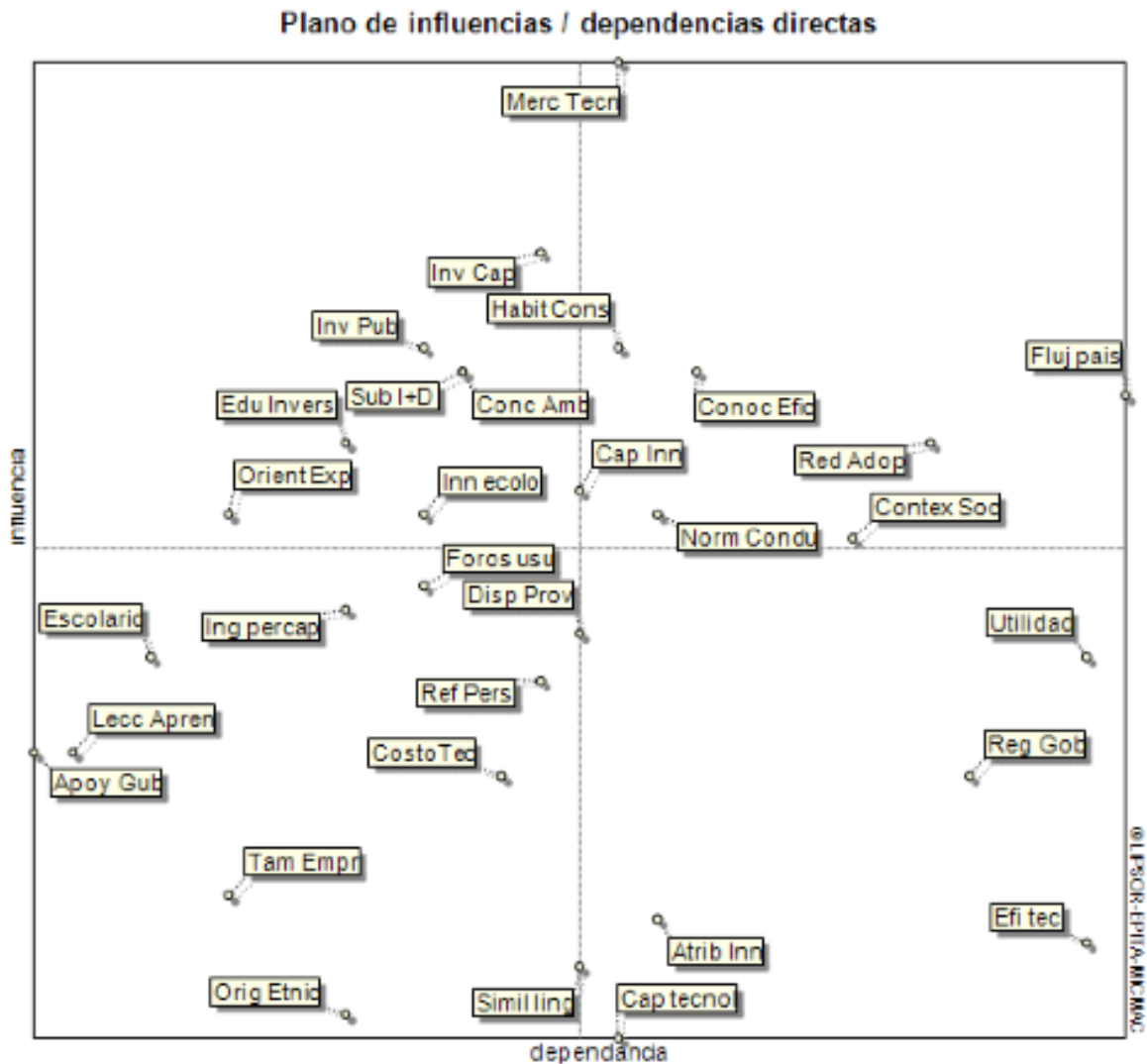


Figura 3. Plano de Influencias / Dependencias directas

El cuadrante superior izquierdo llamado la zona de poder donde se encuentran las variables de entrada, el cuadrante superior derecho es la zona de conflicto donde se encuentran las variables de enlace, el cuadrante inferior derecho llamado zona de

resultados contiene las variables resultado y el cuadrante inferior izquierdo sería la zona de autonomía en donde estarían las variables excluidas.

Para este caso de estudio en la zona de conflicto se ubican un total de 7 variables de las 31 estudiadas que afectarían el proceso de difusión de innovaciones, estas resultan ser las más importantes ya que influyen sobre la mayoría y dependen poco de ellas, las modificaciones que se realicen sobre estas afectarían todo el sistema de difusión de innovaciones en el sector energético. Por lo tanto se centraría una mayor atención sobre dichas variables para lograr el éxito del proceso; las 7 variables serían: Inversión de Capital, Inversión Pública, Subsidios en I+D, educación en Inversión, Orientación hacia la exportación, Innovación ecológica y Conciencia Ambiental.

Respecto a la zona de conflicto se encuentran 6 variables de enlace las cuales son: Capacidad de innovación, conocimiento de la eficiencia, redes entre adoptantes, normas de conducta, contexto social y flujo entre países; estas variables son muy dependientes pero también altamente influyentes, es decir, al igual que influyen son influidas. Si se logra influir sobre estas variables tendrían repercusiones en todo el proceso de difusión de innovaciones. Después de las variables de entrada éstas son las que más atención deberían recibir ya que cumplen la función de enlace entre la zona de poder y las demás.

Las variables ubicadas en la zona de resultados tienen una poca influencia pero una alta dependencia, antes de darle solución a este tipo de variables se debe dar solución a las de poder y las de conflicto porque estas son consecuencia de ellas, las variables resultado son: utilidad, regulaciones del gobierno, eficiencia de la tecnología, atributos de la innovación, capacidad tecnológica.

Por último estarían las variables excluidas ubicadas en la zona de autonomía, estas variables no influyen ni son influidas de forma significativa, por ende tienen poco dominio y poca dependencia, las variables ubicadas en esta zona son: foros entre usuarios, disponibilidad de proveedores, referencias personales, costo de la tecnología, similitudes lingüísticas, origen étnico, tamaño de la empresa, apoyo gubernamental, lecciones aprendidas, escolaridad e ingresos per cápita.

Después de ver la ubicación de cada una de las variables se establece cuáles son aquellas que por su influencia afectan todo el sistema de difusión de innovaciones, esta técnica permite que una vez ubicadas las variables clave (variables de entrada) se pueda emprender una estrategia para su modificación ya que cualquier acción sobre ellas modificará todas las demás.

3.3 Fase 3. Diagrama Causal

Esta es la última fase de la metodología empleada en la investigación, se realiza la construcción de una hipótesis causal en la cual se pretende entender las relaciones causales entre las variables más relevantes que influyen en el proceso de difusión de innovaciones de tecnologías de eficiencia energética. Durante la construcción del diagrama se utilizaron las variables de la zona de poder y la zona de conflicto que arrojó el MICMAC. Sin embargo, durante su construcción se vio la necesidad de incluir unas nuevas variables que sirvieron para comprender de forma más clara las relaciones existentes que ayudarían de esta forma a la adopción de tecnologías y disminuyendo el daño ambiental causado.

La mayoría de los estudios realizados sobre la difusión de tecnologías energéticas sostenibles se enfocan en una tecnología en particular, pocos tratan de explicar cómo estas tecnologías se difunden por la sociedad.

La hipótesis se encuentra esquematizada en el diagrama causal mostrado en la Figura 4. Allí se muestran las relaciones generadas por la iteración de las variables que intervienen en la difusión de innovaciones de dichas tecnologías.

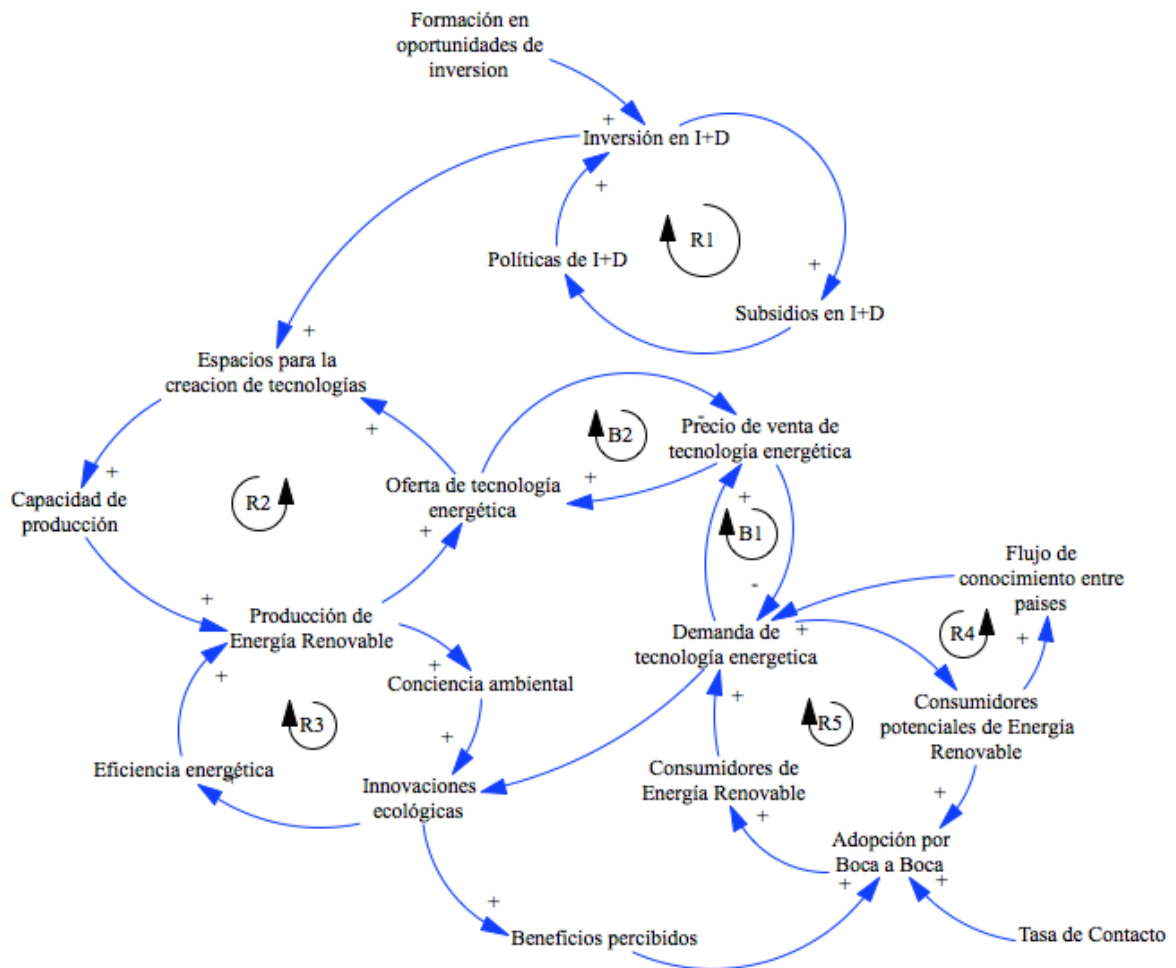


Figura 4. Diagrama causal de la difusión de innovaciones de energía renovable

Una mejor comprensión de los procesos sistémicos por los que se produce la adopción de una tecnología de eficiencia energética es útil tanto en la parte conceptual como en la ayuda para la formulación de políticas de apoyo que incentiven la innovación de tecnologías más sostenibles (Foxon, Gross, Chase, Howes, Arnall, & Anderson, 2005).

3.3.1 Ciclos de realimentación

Ahora se analizan los ciclos de realimentación que actúan en la estructura del modelo. En el diagrama causal de la Figura 4 se visualizan siete ciclos, cinco de ellos de realimentación positiva (refuerzo R) y dos de realimentación negativa (balance B).

La Figura 5 muestra el ciclo 1 (R1). En este se indica que a mayores políticas de I+D, mayor será la inversión en I+D, a una mayor inversión en I+D habrá mayores subsidios en I+D y al haber más subsidios en I+D se incentivarán la creación de mayores políticas de I+D. Cobra importancia el considerar el diseño de políticas que fomenten la innovación y transferencia de tecnologías de energía sostenible, así como proporcionar al sector tanto público como privado con incentivos económicos a través del desarrollo de instrumentos de política económica. Las políticas juegan un papel decisivo en la creación y expansión del mercado los cuales a través de mecanismos de aprendizaje facilitan la mejora de rendimiento del producto.

Existe evidencia que la estructura de subsidios en el sector energético está en retroceso, es decir, es muy costosa y genera confusiones en el mercado generando poco interés para invertir en tecnologías más eficientes (Negro, Alkemade, & Hekkert, 2012). Lo que se busca con los subsidios es cumplir con objetivos ambientales y estimular políticas que ayuden a mejorar la efectividad de acciones de mitigación y esquemas de subsidios en las regiones.

El éxito de la innovación requiere la mejora de la inversión en el proceso, la creación de mercados para las tecnologías de bajas emisiones de carbono a través del desarrollo de políticas climáticas fuertes y un enfoque continuo en acceso a la energía (Surana , 2014).

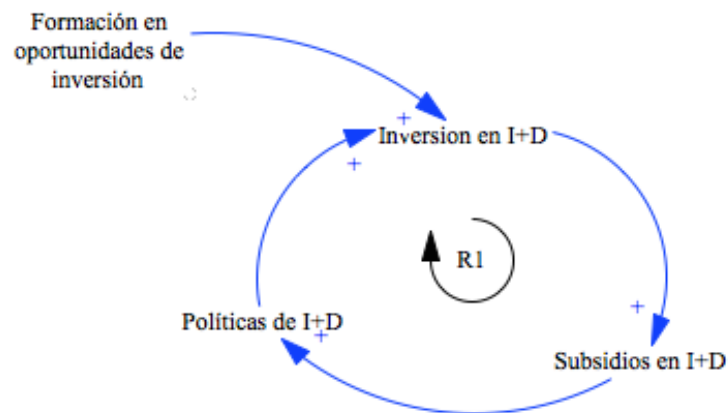


Figura 5. Ciclo de realimentación de I+D

En la Figura 6, se presentan los bucles 2 y 3 (R2 y R3), ambos de realimentación positiva. En estos se puede observar que el aumento de la producción de energía renovable causa un efecto positivo tanto en la conciencia ambiental como la oferta de tecnología energética.

En el ciclo R2 se evidencia que al haber una mayor inversión en I+D aumentarían los espacios para la creación de tecnologías. Hay límites en la difusión de la innovación tecnológica, pero los gobiernos pueden acelerar la adopción mediante la inversión en I+D apuntando a tecnologías específicas, esto proporcionará espacios para la creación de tecnologías.

Se prevé que al aumentar la oferta de tecnologías de eficiencia energética y por ende los espacios productivos, habrá mayor capacidad de producción lo que generaría mayor producción de energía renovable. Un contexto innovador dentro de las empresas y una mayor complejidad en los procesos de producción reducen las barreras que afectan la adopción de tecnologías energéticas renovables (Trianni, Cagno, & Worrell, 2013), En ocasiones las empresas adoptan ya que se ven obligados a adaptar sus procesos de producción y consumo actuales.

El ciclo 3 (R3) 3 indica que a mayor producción de energía renovable se genera una mayor conciencia ambiental lo que llevaría al aumento de innovaciones ecológicas y una mayor eficiencia energética. Esta eficiencia indica acciones que permiten optimizar la relación que existe entre la cantidad de energía que se consume y los productos y/o servicios obtenidos. Aumentar la eficiencia y ofrecer inversión en investigación en tecnologías relacionadas con la energía indicaría una mayor probabilidad de innovación.

Comúnmente cuando se introduce esa conciencia de reducción en el consumo de energía se asocia a un cambio tecnológico, ya sea por la introducción de innovaciones tecnológicas que aumenten el rendimiento o por la creación de nuevos diseños de máquinas y espacios. Sin embargo, no siempre es así ya que la reducción en el consumo de energía puede estar vinculada a una mejor gestión o cambios en los hábitos y actitudes.

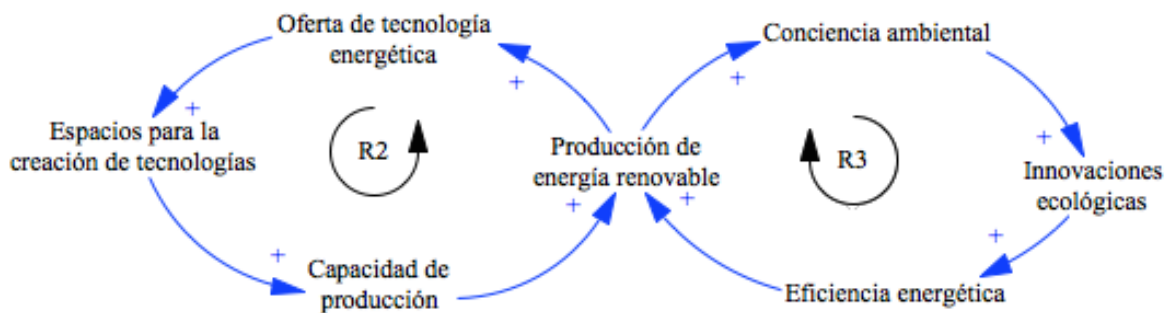


Figura 6. Ciclo de realimentación de Producción de energía renovable

En la Figura 7 se observan los ciclos de realimentación negativa (B1 y B2) que muestran la relación existente entre la oferta, el precio y la demanda de tecnología energética. Se propone un enfoque alternativo que integra las perspectivas de la oferta y la demanda con el argumento de que para un rápido despliegue de energías renovables debería centrarse en los procesos de innovación sistémica que caracterizan el desarrollo sostenible y la difusión de energías renovables (Tsoutsos & Stamboulis, 2005).

La creciente industria de tecnologías de eficiencia energética influye indudablemente en el rendimiento tecnológico y la adopción, se puede entonces valorar el efecto que acelera la adopción ya que causaría una disminución en los precios de venta al aumentar la oferta de dichas tecnologías. Respecto a la demanda, del lado de los efectos que causa se observa que un aumento en los precios de venta de tecnologías energéticas generaría una disminución sobre el deseo de adquirirlas.

En efecto, las tecnologías pueden producir avances sustanciales en eficiencia energética contribuyendo a una gestión más adecuada de la demanda de energía e incluso a una reducción. De esta forma, la tecnología energética no solo ayuda a garantizar un suministro seguro y sostenible a precios razonables, sino también al crecimiento y al empleo a nivel mundial. La mayoría de estas nuevas tecnologías tienen precios más altos que las que ya están establecidas pero solo mediante su difusión se pueden reducir estos costos y adaptar el producto al mercado.

Las centrales de energía nuclear, las turbinas eólicas, los paneles fotovoltaicos que convierten la luz solar en electricidad entre otros se muestran como ejemplo de posibles

opciones que impulsen la oferta de tecnologías energéticas, sin embargo estas requerirán de la demanda de tecnologías de eficiencia energética en edificios, electrodomésticos y transporte, vehículos eléctricos y bombas de calor que ayudarán a equilibrar el ciclo (IEA, 2006). La oferta y la demanda son determinantes en la innovación de tecnologías de eficiencia energética teniendo repercusiones en la difusión de las mismas.

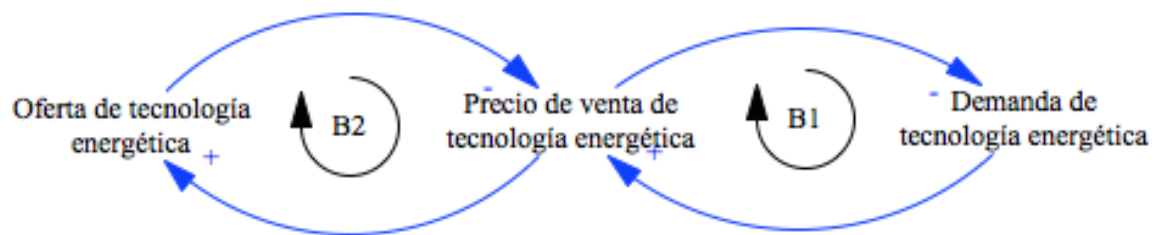


Figura 7. Ciclo de realimentación oferta y demanda de tecnología energética

Por último se muestran los ciclos 4 y 5 (R4 y R5) (Figura 8) ambos de realimentación positiva que indican cómo la influencia de la red de adoptantes genera un efecto positivo sobre la aceleración de la difusión de innovaciones de energía.

El ciclo R5 se basa en el modelo de difusión de innovaciones descrito por Bass, éste propuso un modelo con el propósito de describir la evolución temporal del comportamiento de la demanda ante un nuevo producto (Morlán, 2004). En el ciclo se observa como al aumentar la demanda de tecnología energética aumentarían los consumidores potenciales y a su vez la adopción a través del boca a boca, incrementando de esta forma los consumidores de energía renovable.

Varios artículos indican que la búsqueda de información en contactos personales generalmente se asocia con mayores tasas de adopción y por ende es un aspecto importante en la difusión de innovaciones de eficiencia energética. Las personas aprenden de innovaciones a través del contacto social con adoptantes previos, es decir, la comunicación interpersonal es un medio clave para obtener información sobre dichas innovaciones además de los beneficios percibidos por el adoptante sobre la tecnología.

El ciclo R4 muestra la relación existente entre consumidores potenciales de energía renovable, flujo de conocimiento entre países y demanda de tecnología energética. Al aumentar el flujo de conocimiento se incrementará la demanda y por tanto los consumidores potenciales de energía renovable.

La mayoría de las actividades de I+D relacionadas con la energía se llevan a cabo en países desarrollados como Estados Unidos, Japón y Alemania. El cambio tecnológico juega un papel importante en el tratamiento de los problemas mundiales, por tanto resulta significativo identificar los canales por los cuales el conocimiento se difunde a nivel mundial (Verdolini & Galeotti, 2010). La circulación de conocimientos a través de fronteras aumentan los deseos de adquirir tecnologías comunicando buenas prácticas adquiridas.

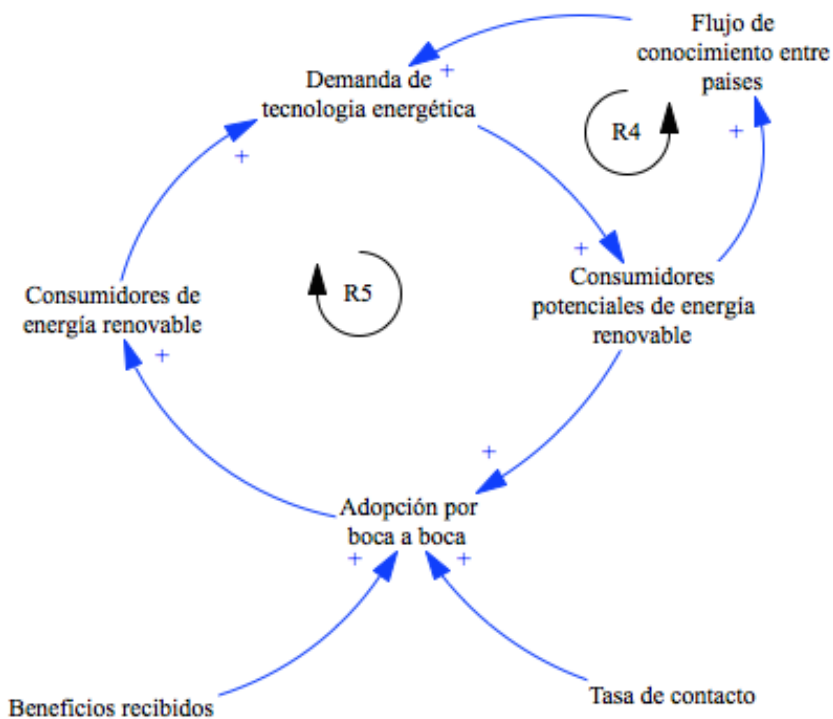


Figura 8. Ciclo de realimentación de adopción de energía renovable

CONCLUSIONES

La teoría de la difusión normalmente se ha aplicado a los bienes de consumo duraderos, pero se ha encontrado menos aplicación a las tecnologías con beneficios ambientales.

Para crear una sociedad sostenible es necesario que el futuro consumo de energía no vaya más allá de la capacidad que tiene la tierra, para poder recuperar el equilibrio ecológico. El cambio a esta sociedad que se desea no se puede hacer de un día para otro, la transición dependerá no solo de la presencia de innovadoras tecnologías, sino también de la difusión y la aplicación de estas en la sociedad.

El aprovechamiento de la energía para el desarrollo humano y económico ha tenido un gran impacto en los sistemas de la tierra y el medio ambiente, sobre todo en los ciclos bioquímicos globales, debido a que la demanda de energía ha crecido de manera sustancial durante los últimos años. Mejorar la eficiencia es una estrategia clave en el desarrollo de un sistema energético más sostenible, la comprensión de la difusión de tecnologías de eficiencia energética es una base para que se diseñen políticas que tengan este objetivo. En el caso de las organizaciones para realizar una gestión energética adecuada implicaría un uso eficiente de sus consumos energéticos de forma que se consiga una reducción de costos en todos sus procesos productivos.

La difusión de las innovaciones de eficiencia energética debe ser un proceso acelerado, una forma de cultivar ese camino es estimular y acelerar la difusión de innovaciones proporcionando una visión de los factores que influyen en la velocidad de difusión.

Los resultados encontrados durante esta investigación son importantes por las siguientes razones: Primero, pueden ayudar a diseñar políticas apropiadas que estén destinadas a estimular la innovación y reducir los costos que implican la adopción de tecnologías de eficiencia energética. Y segundo, el análisis que se presenta responde a la necesidad de una mejor comprensión de los flujos que existen entre las variables que intervienen en la difusión de innovaciones, sirviendo de guía para la comunidad de modeladores sistémicos.

En la investigación se encontró que existen problemas que interfieren en el proceso de difusión, tales como: Difundir tecnologías nuevas en un espacio que está ocupado por tecnologías "viejas" que han brindado beneficios de manera considerable. Otro problema encontrado consiste en el alto costo de los generadores renovables obstruyendo así los esfuerzos para abordar el cambio climático. Para todo esto es necesario realizar un cambio drástico en las políticas gubernamentales sobre energía que asegure un proyecto a largo con el que las industrias puedan contar. Sin embargo ya existen subsidios por parte de gobiernos que están destinados al desarrollo de estudios que permiten evaluar la viabilidad de los proyectos de energía renovable.

En cuanto a la metodología empleada, la utilización de MICMAC permitió establecer las variables que influyen en la difusión de innovaciones en el sector energético, se logró analizar las relaciones existentes entre cada uno de los elementos del sistema. Cabe mencionar que se deben desarrollar estrategias que permitan influenciar principalmente sobre las variables de enlace ubicadas en la zona de conflicto ya que pueden afectar tanto positiva como negativamente sobre los demás elementos del sistema.

De igual forma se aporta valor desde el punto de vista metodológico en la construcción del diagrama causal, en donde la base fueron las variables arrojadas por MICMAC y la relaciones existentes según la literatura investigada. Se logra identificar las relaciones más importantes y los efectos de cada una en la difusión de innovaciones relacionadas con la demanda de energía sostenible.

Este diagrama causal es el principal insumo para realizar una modelación y simulación del fenómeno bajo la dinámica de sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- Revista Semana*. (29 de Noviembre de 2014). Recuperado el 2015 de 6 de Febrero, de <http://www.semana.com/economia/articulo/energia-suficiente/410728-3>
- Colombia Energía*. (3 de Marzo de 2015). Recuperado el 7 de Marzo de 2015, de <http://www.colombiaenergia.com/featured-article/colombia-l%C3%ADder-emergente-en-sostenibilidad-energ%C3%A9tica>
- Portafolio*. (1 de Febrero de 2015). Recuperado el 7 de Marzo de 2015, de <http://www.portafolio.co/economia/energia-eolica-colombia-febrero-2015>
- AENOR. (2006). *UNE 166000: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+ i*.
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*.
- Arcade, J., Godet, M., Meunier, F., & Roubelat, F. (2004). Análisis Estructural con el método MICMAC, y Estrategia de los actores con el método Mactor. *Futures Research Methodology*.
- Astigarraga, E. (2005). *Prospectiva.eu*. Obtenido de http://www.prospectiva.eu/zaharra/Micmac_instrucciones.pdf
- Barbut, M. (2009). *La inversión en proyectos de energía renovable. La experiencia del FMAM*.
- Beise, M., & Rennings, K. (2003). Lead Markets of Environmental Innovations: and Environmental Economics. *Ecological Economics*.
- Breu, F., Guggenbichler, S., & Wollmann, J. (2008). La difusión de innovaciones. Efectos de la regulación sobre la velocidad de difusión de los productos botecológicos farmacéuticos. *VASA. European Journal of Vascular Medicine*, 23.
- Cooremans, C. (2007). *Strategic fit of energy efficiency (Strategic and cultural dimensions of energy-efficiency investments)*. Switzerland.
- COTEC. (2001). *www.cotec.es*. (F. Cotec, Productor) Recuperado el 21 de Enero de 2015, de COTEC- Fundación para la innovación tecnológica: http://www.cotec.es/index.php/publicaciones/show/id/145/titulo/innovacion-tecnologica--ideas-basicas--2001/id_pagina/2/categoria_show_tema/Conceptos+B%C3%A1sicos/categoria_show_id/139
- Duart Belloque, V. (2007). Eficiencia y ahorro energético: contribución del sector de las tecnologías de la información. *Universia Business Review*.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*.

- Foxon, T. J., Gross, R., Chase, A., Howes, J., Arnall, A., & Anderson, D. (2005). UK innovation systems for new and renewable energy technologies: drives, barriers and systems failures. *Energy Policy*.
- García, J. M. (2003). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. España.
- García, J. M. (2014). *Dinámica de sistemas*. Recuperado el 17 de Enero de 2015, de <http://www.dinamica-de-sistemas.com/>
- Godet, M. (2007). La caja de herramientas de la prospectiva estratégica. *Laboratorio de investigación en prospectiva estratégica (LIPS)*.
- Hall, B. H. (2004). *Innovación y Difusión*. NBER Working Paper Series.
- Hellström, T. (2007). Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts. *Sustainable Development*.
- IEA, A. i. (2006). Perspectivas sobre tecnología energética. Escenarios y estrategias hasta el año 2050.
- Mahajan, V., & Peterson, R. A. (1978). *Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population*. Management Science.
- Morlán, I. (2004). *Universidad del país vasco*. Obtenido de <http://www.ehu.es/es/>
- Negro, S. O., Alkemade, F., & Hekkert, M. P. (Agosto de 2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Obregon, A. (2003). *Asociacion Nacional de Energía Solar*. Obtenido de http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=11#topofpage
- OCDE. (2005). www.uis.unesco.org. Recuperado el 28 de Enero de 2015, de Unesco Institute for Statistics: http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD OsloManual05_spa.pdf
- OECD. (1996). *Science, technology and industry outlook*. París.
- OECD. (2005). *Manual de Oslo*.
- Orr, G. (18 de Marzo de 2003). *Stanford University*. Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de web.stanford.edu/class/symbysys205/Diffusion%20of%20Innovations.htm
- Rogers. (2003). *Diffusion of Innovations* (5ta ed.).
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of Innovations*. New York: 4 ed.
- Rogers, E. M., & Shoemaker, F. F. (1971). *Communication of innovations. A cross-cultural approach*. Nueva York.

- Romo, D., & Galina, S. (2008). El futuro de los energéticos en la globalización. *Análisis Económico*.
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamic: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Cambridge, United Kingdom.
- Surana , K. (2014). Technology Innovation and Energy . *Earths Systems and Environmental Sciencie* .
- Swaminathan, M., & Dhingra, T. (2012). Diffusion of innovation model of consumer behaviour - Ideas ti accelerate adoptionof renewable energy sources by consumer communities in India. *Renewable Energy* .
- Tran , M. (2012). Technology- behavioural modelling of energy innovation diffusion in the UK. *Applied Energy* .
- Trianni, A., Cagno, E., & Worrell, E. (2013). Innovation and adoption of energy efficient technologies: An exploratory analysis of Italian primary metal manufacturing SMEs. *Energy Policy* .
- Tsoutsos, T., & Stamboulis, Y. (2005). The sustainable diffusion of renewable energy technologies as an example of an innovation-focused policy . *Technovation*.
- UPME, U. d. (2014). *Informe de Gestion 2014*. Bogotá D.C.
- Verdolini, E., & Galeotti, M. (2010). At home and abroad: An empirical analysis of innovation and diffusion in energy technologies . *Journal of Environmental Economics and Management* .

ANEXO 1

ID	TITULO	AUTOR (ES)	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE	REVISTA
1	Technology-behavioural modelling of energy innovation diffusion in the UK	Martino Tran	2012	Innovation diffusion; Adoption behaviour; Energy policy; Alternative fuel vehicles; Computational modelling	Applied Energy
2	Diffusion of innovation model of consumer behaviour – Ideas to accelerate adoption of renewable energy sources by consumer communities in India	Swaminath an Mani Tarun Dhingra	2012	Renewable energy India; Adoption of renewable energy sources; Accelerate adoption; Diffusion of innovation of renewable energy sources; Case examples of mobile phones adoption in India; Case examples of Internet penetration in India	Renewable Energy
3	Competing technologies and the diffusion of innovations: the emergence of energy-efficient lamps in the residential sector	Philippe Menanteau Hervé Lefebvre	2000	Lighting; Technological competition; Learning; Incentive programmes; Energy efficiency	Research Policy
4	The value of social networks in the diffusion of energy-efficiency innovations in UK households	Megan McMichael David Shipworth	2013	Residential energy demand; Social capital; Energy-efficiency innovations	Energy Policy
5	Agent-behaviour and network influence on energy innovation	Martino Tran	2012	Complex networks; Agent based model; Innovation diffusion; Energy behaviour;	Communications in Nonlinear Science and

	diffusion			Sustainable energy	Numerical Simulation
6	Technology Innovation and Energy	K. Surana	2014	Carbon capture and storage; Climate change; Coal; Electricity; Energy access; Innovation; Natural gas; Policy; Solar; Technology	Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences
7	Modeling and analyzing technology innovation in the energy sector: Patent-based HMM approach	Sungjoo Lee Hyoung_joo Lee Byungun Yoon	2012	Energy technology; Patent analysis; Innovation patterns; Trend modeling; Hidden Markov models (HMMs); Clustering	Computers & Industrial Engineering
8	Diffusion of Energy-Efficient Technologies	T. Fleiter P. Plötz	2013	Adoption; Barriers to energy efficiency; Diffusion; Energy efficiency; Energy-efficient technology	Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics
9	Socio-geographic perception in the diffusion of innovation: Solar energy technology in Sri Lanka	Menzie McEachern Susan Hanson	2008	Solar; Innovation diffusion; Context	Energy Policy
10	Explaining the diffusion of renewable energy technology in developing countries	Birte Pfeiffer Perter Mulder	2013	Renewable energy technologies; Developing countries; Electricity; Technology diffusion; Sample selection	Energy Economics
11	At home and abroad: An empirical analysis of innovation and	Elena Verdolini Marzio Galeotti	2011	Innovation; Technology diffusion; Knowledge spillovers; Energy technologies	Journal of Environmental Economics

	diffusion in energy technologies				and Management
12	Modelling diffusion feedbacks between technology performance, cost and consumer behaviour for future energy-transport systems	Martino Tran Christian Brand David Banister	2014	Technology performance; Innovation diffusion; Consumer behaviour; Electric vehicles; Sustainable energy	Journal of Power Sources
13	Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems	Simona O. Negro Floortje Alkemade, Marko P. Hekkert	2012	Renewable energy technologies; Innovation system failures; Policy; R&D	Renewable and Sustainable Energy Reviews
14	The governance of innovation diffusion -- a socio-technical analysis of energy policy.	Nolden, C	2012	*Energy policy *Diffusion of innovations theory (Communication) *Renewable energy sources *Infrastructure(Economics) *Power resources	EPJ Web of Conferences
15	Government regulation as an impetus for innovation: Evidence from energy performance regulation in the Dutch residential building sector	Milou Beerepoot Niels Beerepoot	2007	Sectoral innovation systems; Energy performance policy; Residential building sector	Energy Policy
16	Innovation and adoption of energy efficient technologies: An exploratory	Andrea Trianni Enrico Cagno Ernest	2013	Energy efficiency; Barriers; Innovation	Energy Policy

	analysis of Italian primary metal manufacturing SMEs	Worrell			
17	The diffusion of a renewable energy technology and innovation system functioning: Comparing bio-digestion in Kenya and Rwanda	Aschalw Demeke Tigabu Frans Berkout Pieter van Beukering	2013	Technological innovation systems; Functions approach to innovation systems; Innovation system dynamics	Technological Forecasting and social change
18	The sustainable diffusion of renewable energy technologies as an example of an innovation-focused policy	Theocharis D. Tsotsos Yeoryios A. Stamboulis	2005	Renewable energy technologies; Innovation; Diffusion; Energy policy; Strategic niche management	Technovation
19	Export orientation and domestic electricity generation: Effects on energy efficiency innovation in select sectors	Johannes Urpelainen	2011	Energy efficiency; Technology innovation; Electricity generation	Energy Policy
20	Diffusion of energy-saving innovations in industry and the built environment: Dutch studies as inputs for a more integrated analytical framework	Carel Dieperink Lemy Brnad Walter Vermeulen	2004	Diffusion; Innovation; Energy-saving technologies	Energy Policy
21	Strategic structure matrix: A framework for explaining the impact of	Amy Tang Jonh E. Taylor Ashwin Mahalingam	2013	Diffusion; Strategy; Wind energy	Energy Policy

	superstructure organizations on the diffusion of wind energy infrastructure				
22	Importance of policy for energy system transformation: Diffusion of PV technology in Japan and Germany	Sanjeeda Chowdhury Ushio Sumita Ashraful Islam Idriss Bedja	2014	PV diffusion; Energy policy; Feed-in tariff; Japan; Germany	Energy Policy
23	Accelerating the transfer and diffusion of energy saving technologies steel sector experience— Lessons learned	Teruo Okazaki Mitsutsune Yamaguchi	2011	Industry's voluntary initiative; International co-operation; Energy efficiency	Energy Policy
24	User innovation in sustainable home energy technologies	Sampsa Hyysalo Jouni K. Juntunen Stephanie Freeman	2013	Renewable energy; User-innovation; Small-scale energy technology	Energy Policy
25	Addressing key issues in technology innovation and transfer of clean energy technologies: a focus on enhancing the enabling environment in the developing countries	Susuki, M	2013	Climate change; Greenhouse gas emissions; Renewable and energy-efficiency improvement technologies; Technology innovation; Technology transfer	Environmental Economics and Policy Studies
26	Renewables and innovation: did	Wangler, L.U.	2013	alternative energy ; electricity	Journal of Environmen

	policy induced structural change in the energy sector effect innovation in green technologies?			supply; energy market; energy resource; innovation ; renewable resource; structural change	tal Planning and Management
27	Accelerating the development and diffusion of new energy technologies: Beyond the "valley of death"	Weyant, J.P	2011	New Product Diffusion; New Technology Development; Technological Change; The Economics of Innovation; Welfare Economics	Energy Economics
28	Research on innovation: A review and agenda for marketing science	Hauser, J Tellis, G. J Griffin, A.	2006	Consumer innovativeness; Defensive strategy; Diffusion models; Ideation; Innovation; Metrics; Network externalities; New products; Rewards to entrants; Strategic entry	Marketing Science
29	Diffusion of energy efficient technologies in the German steel industry and their impact on energy consumption	M. Arens and E. Worrell	2014	Diffusion; Energy efficient technologies; Energy efficiency; Steel industry; Energy intensity	Journal: Energy
30	A dynamic hypothesis for developing energy-efficiency technologies in housing industry	Ibrahim A. Motawa Phil F. Banfill	2011	Energy-efficiency technologies, system dynamics	Policy Issues
31	Information Programas for	Soren T. Anderson	2003	energy efficiency, information	Energy Policy

	technology adoption: the case of energy efficiency audits	Richard G. Newell		technology adoption, energy audits	
32	Diffusion of innovations in energy efficiency and in climate change mitigation in the public and private sector	Dorothea Jansen, Dr Rainer Walz	2008		Institute System und Innovations for schung
33	Innovación y (sub)desarrollo. El caso de la energía eléctrica en Uruguay	Reto Bertoni	2003		Asociación Uruguay de Historia Ecnómica
34	Adoption of energy-efficiency measures in SMEs - An empirical analysis based on energy audit data from Germany	Tobias Fleiter, Joachim Schleich, Ployplearn Ravivanpong	2012	energy- efficiency in SMEs, adoption of energy-efficiency measures, barriers to energy-efficiency	Energy Policy
35	UK innovation systems for new and renewable energy technologies: drivers, barriers and systems failures	T. J Foxon, R. Gross, A. Chses, J. Howes, A. Arnal, D. Anderson	2004	innovation systems, renewable energy, innovation policy	Energy Policy
36	Socio-geographic perception in the diffusion of innovation: Solar energy technology in Sri Lanka	Menzie McEachern, Susan Hanson	2008	Solar, innovation diffusion, context	Energy Policy