



***NOMINADO AL PREMIO ANUAL DE ECONOMÍA
“RAÚL LEÓN TORRÁS”
2020***

***LA TOMA DE DECISIONES EN PROYECTOS DE
ENERGIZACIÓN RURAL PARA LA CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA
DE LA CALIDAD DE VIDA***

**Autores: Dra. Lic. Taymi González Morera,
Dr. Ing. Raúl Olalde Font²,
Dr. Lic. Inocencio Raúl Sánchez Machado¹**

Villa Clara

Título de la propuesta: “La toma de decisiones en proyectos de energización rural para la contribución a la mejora de la calidad de vida”.

Entidad (es) ejecutora(s) principal(es): Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Económicas y el Centro de Investigaciones Agropecuarias.

Autores:	% Participación
Dra. Lic. Taymi González Morera ¹	50
Dr. Ing. Raúl Olalde Font ²	40
Dr. Lic. Inocencio Raúl Sánchez Machado ¹	10

Filiación de los autores principales y otros autores, (ver aclaración*):

Facultad de Ciencias Económicas¹, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y Centro de Investigaciones Agropecuarias², Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Resumen:

Se presentan dos herramientas para el apoyo a la toma de decisiones en proyectos de energización rural: el modelo SURE, que constituye el resultado principal de varios proyectos de colaboración internacional y PNCIT que abarcan el periodo del año 2001 al 2011 y que se integra en el año 2015 al “procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural” (PEMAR).

PEMAR como procedimiento integrador consta de tres fases: la determinación de la situación inicial de la comunidad (fase I), la predicción de impactos por cada dimensión del desarrollo (fase II), y el proceso de gestión del grupo de trabajo de desarrollo local del Consejo de Administración Municipal (fase III). SURE se integra al procedimiento principal (PEMAR) en la fase I y II teniendo como función la determinación de la línea base; la evaluación de posibles soluciones de inversiones de energización rural mediante indicadores cuantitativos y cualitativos obtenidos a partir del impacto que se predice de las posibles alternativas energéticas valoradas en cinco recursos de la comunidad rural: recurso social, humano, físico, financiero y natural.

Se consideran aportes los siguientes: **Teórico-metodológico-investigativo:** la recopilación y análisis de las principales concepciones sobre el aporte de la energía y sus fuentes renovables al mejoramiento de la calidad de vida y al desarrollo sostenible, con énfasis en el medio rural; todo lo que constituye la base del modelo y del procedimiento que se integran y diseñan. **Práctico-social:** se propone y aplican los procedimientos generadores de acciones recomendadas para perfeccionar la gestión del gobierno a escala territorial en apoyo a los Consejos de Administración Provincial (CAP) y Consejos de Administración Municipal (CAM). Varias aplicaciones de SURE, se realizan en Colombia en la comunidad rural “San José de Cravo Norte” y en Cuba en la comunidad rural aislada “Las Calabazas”. En las comunidades de “Manantiales” y “4to Congreso” se llevaron a cabo inversiones acordes a los resultados obtenidos y se reseñaron mediante artículos científicos de grupo II. PEMAR se introduce en la práctica en la comunidad “4to Congreso”, la cual se gestionó a partir del grupo de trabajo de desarrollo local del Consejo de Administración Municipal de Fomentos y otras estructuras locales.

Económico: se ofrecen bases metodológicas que pueden contribuir al ahorro de divisas al país en el proceso de asignación de recursos para la electrificación de objetivos económicos y sociales aislados. Además, se posibilita la potenciación de la reanimación económica de las ZNI. **Medioambiental:** las bases metodológicas y el procedimiento propuesto se alinean con los indicadores de desarrollo sostenible en el ámbito rural de Cuba y la Agenda 2030 y los ODS, así como al plan del Estado “Tarea Vida” (CITMA, 2017). Los resultados y las mencionadas aplicaciones se presentan en dos publicaciones indexadas del grupo 1, con FI de 3.31 (Energy Policy) y 2.077 (Energies), en 3 publicaciones de grupo II, en 2 publicaciones en revistas del grupo 3, así como dos tesis doctoral y 5 tesis de maestría.

Antecedentes de premiación: Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba (2018) y Mejor

resultado científico con impacto social de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (2018).

Problema(s) que se ha(n) resuelto: los modelos presentados se han introducido en la práctica social, SURE en apoyo a la toma de decisiones en proyectos de energización rural y el “procedimiento que los integra para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural” (PEMAR) y han permitido perfeccionar la gestión del gobierno a escala territorial en apoyo a los Consejos de Administración Municipal (CAM) a través de los grupos de desarrollo local, ver aportes **Práctico-social** referidos en el anterior resumen.

Aporte científico personal de cada autor

Taymi González Morera: autora del procedimiento integrador para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural (PEMAR), (tesis doctoral), autor en diferentes artículos científicos y en las ponencias a eventos y congresos científicos.

Raúl Olalde Font: revisión bibliográfica y diseño parte los indicadores de la función estructurada para los 5 recursos de la comunidad (recurso físico y financiero); diseño, dirigió y orientó los estudios de campos para Latinoamérica y Cuba en calidad de jefe regional de los proyectos internacionales y en calidad de jefe de los proyectos PNCIT en Cuba; autor en diferentes artículos científicos y en las ponencias a eventos y congresos científicos, asesoró la implementación de indicadores económico-energéticos en PEMAR.

Inocencio R. S. Machado: adecuación de las bases teóricas para la activación de la economía local.

Colaboradores:

Ing. Carlos Manuel Vergara Castro³, Ing. Yuniel Arguelles Domínguez³, Michel Díaz Pérez⁴, Lic. Jorge Luis Gonzáles Rodríguez⁵, Msc Elizabet Ibarraquirre Carbonell⁶, Msc. Juan Carlos Gil Santos⁶, MsC. Lismey Linares García⁷, Msc. Lianet Herrera González⁷, Marisesy Rodríguez Fuentes⁷, Msc. Mercedes Solís Águila⁷, Dr. Lic. Ramón Rivero Pino⁷, Oscar Leandro Jimenez Cabeza⁸.

Entidades de colaboradores participantes, (ver aclaración*):

Empresa de Hidroenergía de Villa Clara. Ministerio de la Industria Básica³; Cooperativa de Créditos y Servicios “Aracelio Iglesias”⁴; Asamblea Municipal del Poder Popular de Fomentos⁵, Universidad de Sancti Spiritus⁶, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas⁷, CUBAENERGIA⁸.

Autor para la correspondencia: Taymi González Morera, Carretera a Camajuaní, km 6. Santa Clara, Villa Clara. CP: 54830, taymigm@uclv.edu.cu

Comunicación corta:

Abstract

Energy supply to the rural poor in developing countries is a complex activity that transcends the simple selection of a best technology. The proposal explains the outcomes achieved by using a news multi-criteria decision-support system to assist in calculating the most appropriate set of energy options for providing sufficient power to fulfil local demands that improve livelihoods and prediction of impacts for each dimension of the development. This paper explains a methodological package and software designed and reports two tools for the support to the taking of decisions in projects of rural energy: “the sustainable rural energy decision support system” (SURE), that is the main result of several projects of international collaboration that include the period of the year 2001 to 2011, and the “procedure for the contribution to the improvement of the quality of life since the rural energy”, (PEMAR).

Introducción

La contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural con visión de desarrollo sostenible presenta limitaciones a nivel internacional. Los enfoques más extendidos fragmentan su integralidad, separando el proceso en dos aristas, (González, 2017): uno trata la electrificación como la dotación del servicio básico y el otro asume la electrificación como pivote de un modelo de desarrollo sostenible a escala local.

En esta propuesta se ilustran las bases conceptuales que conforman al modelo para el apoyo a la toma de decisiones “SURE” (Cherni y col., 2007), (Cherni y col., 2017), (Olalde y col., 2016a), (Olalde y col. 2016b) y el “procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización

rural” PEMAR (González, 2018), en el proceso de energización y su imbricación con el proceso inversionista desde su planificación física hasta el uso final de la energía.

Resultados.

Uno de los aspectos novedosos en el modelo SURE lo constituye la creación función estructurada para los 5 recursos de la comunidad respecto a las opciones tecnológicas energéticas (C_j , $j = 1, \dots, 5$), donde X_j representa un juego separado de factores para cada función de cada recurso de la comunidad. Cada factor tiene un rango de valores entre 0 y 1, dónde 0 refleja ningún efecto positivo o resultado de la alternativa energética “i” en el recurso “j”, y 1 expresa su efecto más elevado, ver ecuación 1. En otros términos, la medida ideal y máxima de impacto positivo que una comunidad puede lograr es 1, (Cherni y col., 2007).

$$C_j(A_i) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha_j X_j(A_i)}}, \quad (j = 1, \dots, 5; \quad i = 1, \dots, n), \quad (1)$$

Donde: $C_j(A_i)$ representa la evaluación o impacto de determinada “i” alternativa energética (A_i , $i=1, \dots, n$) contra el recurso “j”, $j=1, 2, \dots, 5$,) y “1” indica el recurso físico, “2” el financiero, “3” el natural, “4” el social y “5” el recurso humano); $C_j(A_i)$ toma los valores dentro del intervalo (0-1), e indica como la opción energética “i” impacta al capital o recurso “j” (“0” es el valor más negativo de la opción energética “i” evaluada en “j”, y “1” indica el mayor impacto positivo posible en la evaluación); X_j representa el número de factores que integran a cada recurso “j” (por ejemplo, para el recurso natural, los factores son agua, aire, paisaje y flora y fauna); $X_j(A_i)$ representa los efectos de “i” alternativa energética en cada factor del correspondiente recurso de la comunidad “j”. Finalmente, α_j es un parámetro matemático de escalado que normaliza, en un intervalo común para todos los recursos $[-b, b]$, los efectos de una “i” alternativa energética a través de todos los recursos para que estos puedan ser comparados. Por lo tanto, “b” es el más largo valor absoluto que abarca todos los valores de los recursos, el cual se usa para estandarizar la función C_j .

El sistema le permite al decisor evaluar el efecto que, los nuevos sistemas energéticos que operan, podrían tener en cada recurso poseído por la comunidad; cuantifica los posibles efectos de las tecnologías en los diferentes recursos; la condición existente de los recursos; su posible mejora con la aplicación de energía; propone un ordenamiento de las opciones tecnológicas y determina el impacto global de emisiones evitadas de CO_2 de la tecnología seleccionada como ganadora mediante el análisis del ciclo de vida, (Serrano, 2013).

Otro elemento novedoso es que se adecua el método de programación por compromiso en una ecuación que define estructuralmente los cinco recursos de la comunidad con relación a las opciones tecnológicas energéticas y el cual tiene como meta minimizar el vacío o espacio entre el posible valor máximo del recurso de cada comunidad y el valor que podría obtener a través de la aplicación de una tecnología energética lo cual se ilustra mediante la ecuación 2, (Cherni y col., 2007).

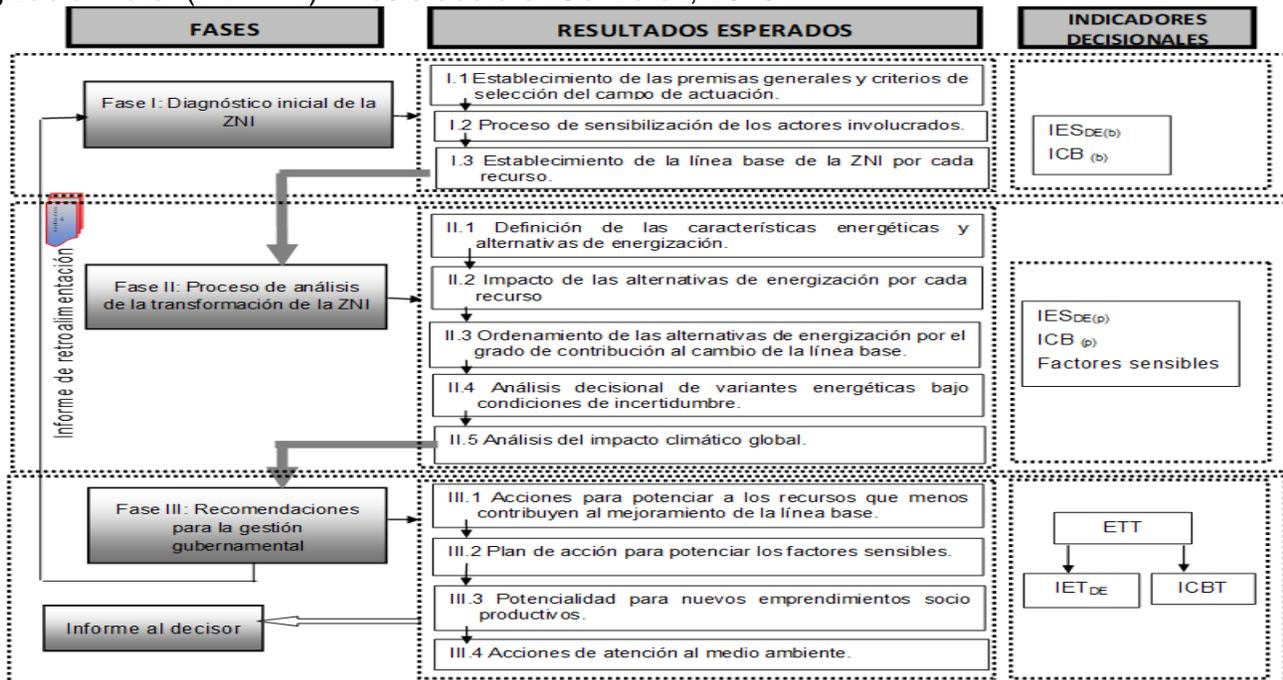
$$\min \left[\sum_{i=1}^5 w_i^p f^p(1 - \text{Recurso}_i) \right]^{1/p} \quad (2)$$

Donde: $\text{Recurso}_i = g_i$ (alternativa energética j); $i = 1, \dots, 5$; $j = 1, \dots, n$ y la función $f(1 - \text{Recurso}_i)$ representa la diferencia entre cada recurso por cada posible alternativa energética j, y sus máximos posibles valores “1”; W_i son los pesos de ponderación que deciden los que toman la decisión y g_i es la función que describe la influencia de las diferentes alternativas j en cada uno de los 5 recursos de la comunidad. Por lo que la fórmula 2 captura dinámicamente la relación entre los recursos que la población posee cuando la energía llega a la comunidad.

Al igual que SURE, el procedimiento PEMAR está concebido para una zona no interconectada (ZNI), y es aplicable a zonas rurales electrificadas de forma parcial, donde no se han logrado niveles exitosos

en la contribución energética desde FRE para la mejora de la calidad de vida (González y col., 2017), (González, 2018).

Figura 1. Se ilustra el "Procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad desde la energización rural (PEMAR)". Tesis doctoral González, 2018.



Como resultado de la aplicación del PEARM, se obtiene el total de energía transferida en función comunitaria (ETT) la cual expresa la totalidad de kWh/año que fueron transferidos a la ZNI ya sea en funciones económicas como para el mejoramiento en los hogares y servicios públicos. En este sentido, una de las novedades científicas de este trabajo lo constituye la implementación de los indicadores de energía transferida en función del desarrollo económico (IET_{DE}) el cual se expresa en kWh/año/\$ y el indicador de consumo básico transferido (ICBT) para los hogares y servicios públicos el cual se enuncia en kWh/año/hog, según fórmula 3.

$$IET_{DE} = \frac{ET_{cfp}}{\Delta PM} \quad (3)$$

= $\frac{\text{kWh transferidos a la comunidad en función productiva, (kWh/año)}}{\text{Incremento de la Producción Mercantil, ($)}}$

Donde: ET_{cfp}, es la energía transferida que se deriva de:

$$ET_{cfp} = (ES_{DE(p)}) - (ES_{DE(b)}) \quad (4)$$

ES_{DE(p)}: se refiere a la energía servida en función del desarrollo económico en la fase de proyección (fase II del procedimiento) de la zona seleccionada. La ES_{DE(b)} se refiere a la energía servida en función del desarrollo económico en la fase de diagnóstico (fase I de PEARM). Ambos se expresan en kWh/año.

ΔPM : es la variación de la producción mercantil que utiliza la llegada de la energía, expresada en \$.
 Para conocer si el comportamiento del IET_{DE} es favorable o no, se establecen rangos de evaluación comprendidos entre los valores de cero (0) a uno (1) y mayor que la unidad. A tales efectos, el IET_{DE} pudiera considerarse como un indicador que mide la intensidad energética utilizada para el desarrollo económico de la zona seleccionada.

Económicamente, es importante señalar que cuando los valores tiendan a cero (~0) indica que el incremento de la producción mercantil con la energía servida es casi nulo. Valores iguales a la unidad (=1) indican que el crecimiento de la producción mercantil es directamente proporcional a la energía servida para su uso en funciones productivas; y, si los valores son mayores que 1 (>1), indicarán que la producción mercantil disminuye de forma más proporcional a la energía que se dispuso para este sector, por lo cual no existe apalancamiento energético.

A los efectos del análisis se estima que, si los valores de la PM marginal superan el 50% con respecto a la PM ideal por el incremento del rendimiento (y no producto de las variaciones en ha cultivadas y precios) el comportamiento será favorable. Por el contrario, valores por debajo de 50% de la PM ideal indicarán que el comportamiento del crecimiento económico no es favorable.

Por otro lado, el indicador de consumo básico transferido en los hogares "ICBT" se establece para un rango normalizado de 0 a 1 y representa una evaluación de la mejora en el servicio de electricidad que recibe cada hogar con respecto a la línea base, lo cual puede constituir otro aspecto a tener en cuenta por parte de los decisores. Se toma en cuenta el índice de consumo mensual para las viviendas en regiones urbanas establecido por la ONURE (que sería el valor ideal a alcanzar por cada hogar en una comunidad rural) y su relación con el servicio real que se recibe en los hogares de la comunidad, según fórmula 5.

$$ICBT = \frac{ET_h}{\#hog_{(p)}} = \frac{kWh \text{ de consumo básico transferidos de energía de hogares+servicios públicos,(kWh/año)}}{\text{Número de habitantes}} \quad (5)$$

Donde: ET_{hsp} , es la energía transferida en función de los hogares y se determina:

$$ET_{hsp} = (ES_{h(p)}) - (ES_{h(b)}) \quad (6)$$

$ES_{h(p)}$ se corresponde con la energía servida en función de los hogares en la fase II del procedimiento y la $ES_{h(b)}$ identifica este concepto, pero en la fase I del procedimiento. Ambos se expresan en kWh/año.

$\#hog_{(p)}$, se corresponde con el número de hogares proyectado ya que en esta fase se precisa conocer el verdadero impacto de la llegada de la energía considerando el flujo migratorio que se haya producido con relación a la línea base.

Calificar el ICBT reviste un papel importante. Se prevé el valor de consumo mensual idóneo que establece la ONURE que asciende a 186 kWh/día/hog. Este indicador constituiría el valor máximo posible a lograr para una vivienda rural, su valor mínimo sería la ausencia de electricidad, es decir, 0 kWh/día/hog y el valor a observar estaría dado por la proyección que prevea el procedimiento para el apoyo a la toma de decisiones en esta fase. Igualmente se establecen rangos de evaluación comprendidos entre los valores de cero (0) a uno (1). De forma específica, los valores mayores que 1 (>1) indicarían la opción de realizar un análisis con vista a un estudio de eficiencia energética e indicar, en caso necesario, la derivación de este excedente energético hacia el sector productivo y/o de servicios, creando nuevas capacidades de ser posible.

La retroalimentación del procedimiento se refleja en el informe denominado "Control de la contribución al mejoramiento de la calidad de vida del proyecto inversión energético". Basado en este informe se establece una nueva línea base para la ZNI, la cual servirá para el análisis detallado (por cada dimensión) de la contribución energética, de tecnologías que usan las FRE a la sostenibilidad del desarrollo visto en la mejora de la calidad de vida. También se podrán evaluar los logros o limitaciones de la gestión institucional en el desarrollo energético local y su impacto en la zona y el territorio. Por otro lado, el informe de resultado de la aplicación del procedimiento (informe al decisor), constituirá únicamente un resumen ejecutivo con el ordenamiento de las alternativas de energización y un curso de acciones que permitan gestionar el proceso inversionista energético y su impacto en la calidad de vida.

Conclusiones

1. La herramienta SURE evalúa posibles soluciones de proyectos de energización rural a partir de valores cuantitativos y cualitativos obtenidos a partir del impacto que se predice de las posibles alternativas energéticas valoradas en los cinco recursos de la comunidad: recurso social, humano, físico, financiero y natural. Se introducen el concepto de ciclo de vida y su evaluación (LCA), observándose la relación existente entre el LCA y las emisiones de gases de invernadero.
2. La integralidad del procedimiento PEMAR se logra con el análisis y evaluación de todas las dimensiones del desarrollo. La institucionalidad y conexión con la toma de decisiones se favorece tanto con la fase III, así como a partir de la propuesta los indicadores IET_{DE} e ICBT. Estos indicadores

permiten discernir dicho aporte, en función de las características de los sectores rurales. Su mecanismo de retroalimentación, contribuye a delimitar la real contribución por cada uno de los factores definidos en cada dimensión del desarrollo sostenible, a partir de parámetros que se adaptan al ámbito rural cubano.

Referencias bibliográficas

Cherni J., Diner I., Henao F., Jaramillo P., Smith R., Olalde R. (2007) Energy supply for sustainable rural livelihoods. A multi-criteria decision-support system. Energy Policy, volume 35, Issue 3, March, pages 1493-1504, UK, Available on <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506001662>

Cherni J, Olalde R., Serrano L., Henao F. Urbina A. (2016) Systematic Assessment of Carbon Emissions from Renewable Energy Access to Improve Rural Livelihoods. Journal Energies Energies (19961073). Dec2016, Vol. 9 Issue 12, p1-19. 22p. 8 Charts, 3 Graphs. ISSN:19961073, Available on: <http://www.mdpi.com/1996-1073/9/12/1086/manuscript>

González, T., Olalde, R., Sánchez, Inocencio R., Cherni, J. (2017) La inversión energética en el desarrollo rural y agrícola en Cuba. Caso de estudio comunidad “4to Congreso”, Sancti Spíritus. Revista Centro Agrícola, 48 (4), 13-21. Cuba. Disponible en <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-48-2017/numero-4-2017/6417-la-inversión-energética-en-el-desarrollo-rural-y-agrícola-en-cuba-caso-de-estudio-comunidad-4to-congreso-sancti-spíritus>

González, T. (2018) Procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural (PEMAR)". Tesis doctoral, Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas”.

Olalde R., González T., Herrera L, Cherni J, Urbina A. (2016a) Innovación tecnológica energética en comunidades rurales. Caso de estudio comunidad de “Manantiales”, Villa Clara, Cuba. Revista Centro Agrícola, 43 (3): pp 13-21; julio-septiembre, 2016, ISSN papel: 0253-5785 Disponible en <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-43-2016/numero-3-2016/807-innovacion-tecnologica-energetica-en-comunidades-rurales-caso-de-estudio-comunidad-de-manantiales-villa-clara-cuba>

Olalde R., González T., Herrera L, Cherni J. (2016b) La introducción de tecnologías energéticas y su impacto en el recurso social, natural y financiero en comunidades rurales agrarias. caso de estudio comunidad rural “4to congreso”, en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Revista Científica de las Fuentes Renovables de Energía, Eco Solar, Vol. 55, enero-marzo, ISSN: 1028-6004, RNPS: 2220. Disponible en <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar55/HTML/articulo06N.html>

Serrano, L. (2013) Computing tools applied to the analysis of performance and sustainability of photovoltaic systems. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena.

Descripción científico-técnica del resultado

1. Introducción

Como parte integrante de PEMAR, el modelo para el apoyo a la toma de decisiones “SURE” constituyó el resultado principal de los proyectos PNCT: “Energías renovables en función del desarrollo sostenible en comunidades rurales”, código 00613046 y “MUCSy-RE, sistema multicriterial para la toma de decisiones en proyectos de energización rural”, código: 00613320 y del internacional en el que participó Cuba a través del MINCEX: “Renewable Energy for Sustainable Rural Livelihoods”, (RESURL) liderado por el Colegio Imperial de Londres.

Desde el año 2009, el grupo nacional de energía renovable, cogeneración, ahorro y eficiencia energética en su reunión ordinaria con acta #20 y acuerdo 95 aprueban una serie de acciones para la generalización del modelo para el apoyo a la toma de decisiones “SURE” en el país. Dado el nivel técnico requerido para su aplicación, se encomienda esta tarea a las universidades, creándose grupos de trabajo en las universidades de Las Tunas, Santiago de Cuba, Sancti Spíritus, Granma, Pinar del Río e Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa y se decide que la introducción del modelo a la práctica social se realice a propuesta y con la participación de la Asambleas Municipales del Poder Popular de cada comunidad rural objeto de estudio.

Su sostenibilidad y el tiempo de aplicación se muestra a partir de su uso en el año 2006 en la comunidad rural de “Manantiales” y en “Las Calabazas” ambas de la provincia de Villa Clara, se aplica en la comunidad rural “La Vigía”, provincia de Santiago de Cuba, en las comunidades rurales “Palma Criolla”, “El Cilantro” y “Las Peladas” en la provincia de Granma, en la comunidad “Los Tumbos” en Pinar del Río, en la comunidad “Los Guallos”, provincia Las Tunas, en la comunidad “Los Indios”, provincia de Holguín y en la comunidad “Pozo Blanco” y “4to Congreso” en la provincia de Sancti Spíritus, “La Victoria”, provincia Santiago de Cuba, mostrándose un proceso innovativo que va introduciéndose de manera sostenible en la práctica social.

Estas aplicaciones fueron posibles debido a la existencia de un tercer proyecto nacional, PNCIT titulado: “SURE, modelo para el apoyo a la toma de decisiones; su disseminación y aplicación práctica”, RESURL III, código: 00613470 y de los proyectos internacionales: “Renewable energy for sustainable development in rural communities, consolidation and applications, RESURL II”, y el proyecto “Small-scale energy technology for rural poor áreas. Decision-making tools for sustainability and future investment”, (as part of the Renewable Energy for Sustainable Livelihoods Project) (RESURL II/III), liderados por el Colegio Imperial de Londres. De las comunidades anteriormente mencionadas, en “Manantiales” y “4to Congreso”, se realizaron los procesos inversionistas acorde a los resultados de la aplicación del modelo SURE y de PEMAR y apoyados mediante otros dos proyectos internacionales de desarrollo local aprobados por el MINCEX y titulados: “Electrificación de la comunidad rural “Manantiales”, provincia de Villa Clara, Cuba” y “Contribución del uso de la energía renovable a partir de microcentrales hidroeléctricas al desarrollo de una agricultura sostenible y en defensa del medio ambiente en la región central de Cuba” en los cuales fueron socios fundamentales la universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, la Unión Nacional Eléctrica (UNE) y la Asociación Filorosso de Trento, Italia.

En el caso específico del estudio en la comunidad rural “4to Congreso”, SURE se integra en el año 2015 al “procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural” (PEMAR), en un estudio previo para el apoyo a la toma de decisiones en un proceso inversionista energético en la comunidad rural “4to Congreso” en la provincia de Sancti Spíritus.

PEMAR constituye el resultado principal de una tesis doctoral desarrollada bajo el marco del proyecto internacional financiado por la Asociación Filorosso.

Una descripción detallada de los procedimientos científicos implementados, sus aportes, así como de las aplicaciones de mayor impacto en la práctica social referidos con anterioridad, se esbozarán en una

línea de tiempo que permitan expresar con claridad y coherencia los resultados que se presentan en esta propuesta.

2. Modelo para el apoyo a la toma de decisiones “SURE”. Aspectos esenciales.

Tal y como se refiere en la introducción de esta propuesta, el proyecto “Renewable Energy for Sustainable Rural Livelihoods”, (RESURL), desarrollado dentro del periodo 2001-2011, tuvo como objetivo estimular la promoción del uso de las energías renovables para asegurar un mejoramiento del nivel de vida en comunidades rurales con capas sociales menos favorecidas.

Resumiendo, en el proyecto RESURL se trata de lograr una comprensión precisa y realista de los puntos fuertes de los pueblos (comunidades rurales), acerca de los activos o capitales disponibles para el uso en la producción de bienes o recursos y de su lucha por convertir esos activos en logros positivos. Estos capitales o recursos de la comunidad que se tienen en cuenta son: Capital Natural, Humano, Social, Físico y Financiero. A continuación, se definen brevemente cada uno de ellos:

Recurso natural (RN): se refiere a los recursos que son asequibles a los hogares o individuos dentro de su contexto rural, y de los cuales se pueden derivar flujos de recursos útiles para su sostenimiento. Los factores que intervienen en la evaluación del mismo en la LB son: disponibilidad de recursos donde se consideran el viento, sol, biomasa, paisaje, biodiversidad y agua (DR) y aprovechamiento de recursos renovables en función de la DR (AER). En la fase de PI se adicionan unidad de contaminación atmosférica (UCA), impacto de la vida animal (IVA), impacto sobre la vida vegetal (IVeg) e impacto paisajístico (IP).

Recurso físico (RF): comprende las infraestructuras básicas y los bienes de producción (herramientas y equipos) necesarios para respaldar los *modos de vida sostenibles*. Para el establecimiento de la LB, este recurso es evaluado a partir de diversos factores, tales como la infraestructura (I). Esta comprende los servicios públicos de los que dispone la comunidad y que son transporte público, vías/carreteras, recogida de basura, educación, salud, alcantarillado, bombeo de agua y teléfono. También se considera el factor información adicional (IA) que agrupa una subfunción integrada por aspectos relacionados con la ubicación geográfica de la zona que permiten establecer criterios técnicos relacionados con la energía como distancia entre la población y la principal red de transporte, distancia entre la población y la red de interconexión, así como distancia de la población al centro urbano más cercano. A su vez, se considera el factor calidad de las viviendas (CV). En la fase de PI se evalúa además el factor energía (E) el cual es medido a partir de una subfunción integrada por la eficiencia de la tecnología, dependencia de combustibles fósiles, modularidad, vida útil de la tecnología, así como la contribución al suministro de energía de los sectores que se encuentran presentes en el asentamiento tales como hospital o puesto médico (salud), escuela (educación), viviendas, bombeo de agua, alumbrado público, comercio, industria y maquinarias y equipos.

Recurso social (RS) se refiere a los recursos en que los pueblos se apoyan en la búsqueda de sus objetivos en materia de *modos de vida sostenibles*. Estos se desarrollan mediante: redes, conexiones, participación en grupos más formalizados, y relaciones de confianza, reciprocidad e intercambios. Los factores que representan este factor en la LB son: tiempo libre promedio (TL), % de migración (IM), redes sociales de la población (RSoc.). Este último factor responde a una subfunción conformada por recolección de leña, colección de agua, número de organizaciones locales y regionales, participación de la mujer en la toma de decisiones y afiliación política de los pobladores. Otros factores que se adicionan en el estado de PI son: número de personas con acceso a la energía (NPAE), aumento de redes sociales (ARSoc.) y aumento de horas libres (AHL) considerando el total de horas semanales ahorradas en la colección de leña y agua.

Recurso humano (RH): representa las aptitudes, conocimientos, capacidades laborales y buena salud que permiten a las poblaciones entablar distintas estrategias y alcanzar sus objetivos en materia de *modos de vida sostenibles*. Los factores que contribuyen a la medición de este factor en la LB son: el nivel educativo (NE) y el acceso al servicio de salud (AS) el cual es evaluado a partir de la subfunción que componen la calidad en la salud y el porcentaje de población con problemas de salud. En la fase de PI, se adicionan los factores número de personas con acceso a la energía (NPAE), mejoras en el

servicio de salud (MS), mejoras en la educación (MEd.), así como, la capacidad de apropiación de la tecnología (CAT) que depende de los subfactores capacidad de operación, mantenimiento del equipo y de la capacidad de uso de la tecnología.

Recurso financiero (RFin): son los recursos monetarios que las poblaciones utilizan para lograr sus objetivos en materia de *modos de vida sostenible*. Las dos fuentes principales son: las partidas disponibles o ahorros (dinero en metálico, depósitos bancarios o activos líquidos como el ganado o las joyas) o créditos; y las entradas regulares de dinero (pensiones u otros pagos realizados por el estado y remesas). Los factores que se integran para la medición del recurso en la LB son: actividad económica de la zona (AE) y que depende de la subfunción conformada por las actividades económicas principales (agricultura, pesca, ganadería y cría de animales, turismo, minería, industria rural, artesanías, comercio y servicios y otros); así como, por los recursos financieros de los que disponen como el salario —como vía de ingresos—, ingresos, posesión de bienes como animales y otros productos y capacidad para obtener préstamos. En la fase de PI, se adicionan los factores: nuevos empleos directos (NED), nuevos empleos indirectos (NEI), costos de la inversión tecnológica energética, (CIE), y contribución de la energía al crecimiento económico por sectores (CE).

Estos capitales permiten visualizar gráficamente el estado de desarrollo y de calidad de vida de una población, ya sea actual o futura (luego de implementar algún proyecto de desarrollo). La forma de representación gráfica de los capitales se realiza por medio de un pentágono (figura 2.1). El pentágono de activos se creó dentro de la teoría de los MVS para facilitar la presentación visual de la información sobre los activos de los pueblos, poniendo de presente algunas interrelaciones entre los distintos activos. La forma del pentágono puede utilizarse para mostrar de forma esquemática las variaciones en el acceso de los pueblos a los activos. La idea es que el punto central del pentágono, donde se encuentran las distintas líneas, representa el acceso cero a los activos, mientras que el perímetro externo representa el acceso máximo a los mismos. Partiendo de esta base, pueden diseñarse pentágonos con formas diferentes para las distintas comunidades o grupos sociales dentro de las comunidades (DFID, 1999b).

Partiendo del hecho que no existe ninguna comunidad rural que sea totalmente sostenible, es decir, sostenible ambiental, social, económica e institucionalmente al mismo tiempo. Es de esperarse que su pentágono asociado este deformado, en el sentido de su simetría (que no sea simétrico) y de la longitud de sus aristas (no todas estén en su longitud máxima).

Con el propósito de tener un parámetro de comparación entre pentágonos de comunidades reales, se crea un pentágono ideal, el cual pertenecerá a una comunidad óptima ficticia (o idealmente sostenible), en donde el acceso a los activos por parte de la comunidad será máximo, lo que se puede observar en el pentágono negro de la figura 2.1. Esto permitirá, como se dijo anteriormente, ver diferentes grados de distorsión en los pentágonos de las comunidades reales, y dará una idea de sus debilidades y fortalezas en términos de sus activos disponibles, y más aún del impacto que la energización tendrá sobre la comunidad, obsérvese pentágono rojo de la figura 2.1.

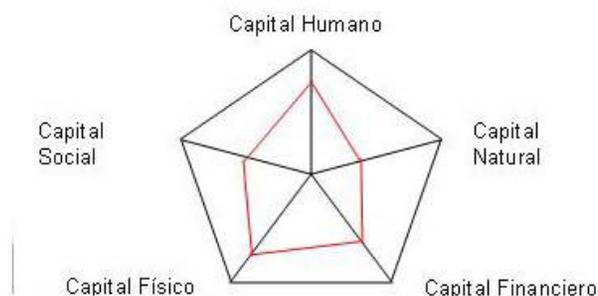


Figura 2.1. Pentágono de los capitales de la comunidad. Pentágono ideal en negro y ejemplo de un pentágono real o distorsionado en rojo, (DFID, 2000).

Los pentágonos pueden resultar útiles como foco del debate sobre cuáles son los puntos de partida adecuados, sobre cómo éstos responderán a las necesidades de los distintos grupos sociales y sobre las posibles incompatibilidades entre los distintos activos. No obstante, el uso de esta dimensión del pentágono es necesariamente representativo. A nivel más genérico no existe nada que sugiera que se puede (o se debe) cuantificar todos los activos, y mucho menos establecer algún tipo de moneda común que permita la comparación directa entre activos. Esto no descarta en modo alguno el desarrollo de indicadores cuantificables y específicos que ofrezcan información sobre los activos cuando esto se considere útil” (DFID, 1999b).

Métodos empleados.

Los procedimientos implementados en SURE, (J, Cherni, F. Henao, P. Jaramillo, I. Dyner, R, Smith, R. Olalde Font, T. Sánchez, 2007) permiten identificar el estado actual de los activos o capitales de la comunidad (pentágono inicial de la comunidad) con la ayuda de una serie de reglas lógicas (sistema experto) que relaciona información proveniente de un cuestionario “Encuesta participativa complementaria para el modelo SURE” (Solís Águila, M., Olalde F., R. 2005) que se le hace a cada vivienda de la comunidad antes de comenzar a definir el tipo de proyecto de energización. Esto permitirá determinar las características más relevantes que la(s) alternativa(s) de energización deberá(n) tener, en aras de suplir las necesidades energéticas más urgentes de la comunidad, y de fortalecer los activos de la misma. Lo que se pretende con esta primera fase, es convertir las potencialidades y necesidades particulares de la población, en la base o el punto de partida de la toma de la decisión.

Como resultado de esta caracterización, se le presenta al decisor(es): primero, las características más relevantes que debe tener el conjunto de alternativas de energización; segundo, un conjunto de alternativas genéricas de energización a evaluar, en una primera fase; y tercero, el pentágono actual, o situación inicial de los capitales de la comunidad.

El modelo SURE tiene como salida una matriz tecnológica y a partir de esta y con ayuda de las técnicas de análisis multiobjetivo se podrá definir cuál de las opciones tecnológicas propuestas por este o por el usuario del modelo será la mejor para implementar, en términos del mejoramiento del pentágono inicial de la comunidad. La idea siempre es acercarse lo más posible al pentágono ideal.

Otro de los aspectos novedosos lo constituye la ecuación implementada para la evaluación del impacto de las alternativas energéticas contra los recursos de la comunidad, donde X_j representa un juego separado de factores para cada función del recurso. Cada factor tiene un rango de valores entre 0 y 100, donde 0 refleja ningún efecto positivo o resultado de la alternativa energética “i” en el recurso “j”, y 100 expresa su efecto más elevado. En otros términos, la medida ideal y máxima de impacto positivo que una comunidad puede lograr es 100, (J. Cherni, et al, 2007). La ecuación 2.1 representa una función estructurada para los 5 recursos de la comunidad respecto a las opciones tecnológicas energéticas (C_j , $j = 1, \dots, 5$)

$$C_j(A_i) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha_j X_j(A_i)}} \quad (j=1, \dots, 5; i=1, \dots, n) \quad (2.1)$$

Donde $C_j(A_i)$ representa la evaluación o impacto de determinada i alternativa energética (A_i , $i=1, \dots, n$) contra el recurso j, $j=1, 2, \dots, 5$,) y 1 indica el recurso físico, 2 el financiero, 3 el natural, 4 el social y 5 el recurso humano; $C_j(A_i)$ toma los valores dentro del intervalo (0, 100), e indica como la opción energética i impacta al capital o recurso j; X_j representa el número de factores que integran a cada recurso j (por ejemplo, para el recurso natural, los factores son agua, aire, paisaje y flora y fauna); $X_j(A_i)$ representa los efectos de i alternativa energética en cada factor del correspondiente recurso de la comunidad j. Finalmente, α_j es un parámetro matemático de escalado que normaliza, en un intervalo común para todos los recursos, los efectos de una i alternativa energética a través de todos los recursos para que estos puedan ser comparados. Por lo tanto, el modelo asume un valor más largo

como absoluto que abarca todos los valores de los recursos, el cual se usa para estandarizar la función C_j .

A este nivel del análisis se puede decir que el sistema, a partir de la obtención de una matriz tecnológica, le permite al decisor evaluar el efecto que los nuevos sistemas energéticos podrían tener en cada recurso de la comunidad. Se calcula y compara la condición inicial de los diferentes recursos en una comunidad con valores que son el resultado respecto a la aplicación de la nueva alternativa de energía y con una condición ideal de desarrollo pleno de todos los recursos. Una contribución principal del sistema es por consiguiente que cuantifica, a través de un índice numérico, de los espacios entre el sustento teórico e ideal; los posibles efectos de las tecnologías en los diferentes recursos; la condición existente de los recursos y su posible mejora con la aplicación de energía.

En SURE se implementa otra ecuación que define estructuralmente los cinco recursos de la comunidad con relación a las opciones tecnológicas energéticas (J. Cherni, et al, 2007), el cual tiene como meta minimizar el vacío o espacio entre el posible valor máximo del recurso de cada comunidad y el valor que podría obtener a través de la aplicación de una tecnología energética lo cual se ilustra mediante la ecuación 2.2.

$$\min \left[\sum_{i=1}^5 w_i^p f^p (1 - \text{Recurso}_i) \right]^{1/p} \quad (2.2)$$

Donde $\text{Recurso}_i = g_i$ (alternativa energética j); $i = 1, \dots, 5$; $j = 1, \dots, n$ y la función $(1 - \text{Recurso}_i)$ representa la diferencia entre cada recurso por cada posible alternativa energética j , y sus máximos posibles valores "1"; W_i son los pesos de ponderación que deciden los que toman la decisión y g_i es la función que describe la influencia de las diferentes alternativas j en cada uno de los 5 recursos de la comunidad. Por lo que la ecuación 2.2 captura dinámicamente la relación entre los recursos que la población posee cuando la energía llega a la comunidad, procesando la información con el método de análisis de multicriterio programación por compromiso, (Zeleny, 1973).

Por otro lado, SURE cuantifica las emisiones de CO_2 evitadas, llamándose a este procedimiento "Impacto Global" mediante la introducción de los conceptos de ciclo de vida y su evaluación (LCA), demanda energética acumulativa "CED" (o energía arraigada), tiempo de recuperación de la energía (EPBT) y el factor de retorno energético (ERF) que guardan relación con las emisiones de gases de invernadero, (Raugei, et al., 2007), (Alsema, 2000), observándose la relación existente entre estos y las emisiones de gases de invernadero, ver ecuación 2.3.

$$\text{ERF} = \frac{E_{\text{GEN}} \cdot L}{\text{CED}} = \frac{L}{\text{EPBT}} \quad (2.3)$$

Donde:

L , es la vida útil de la tecnología

E_{GEN} , es la energía primaria generada durante 1 año

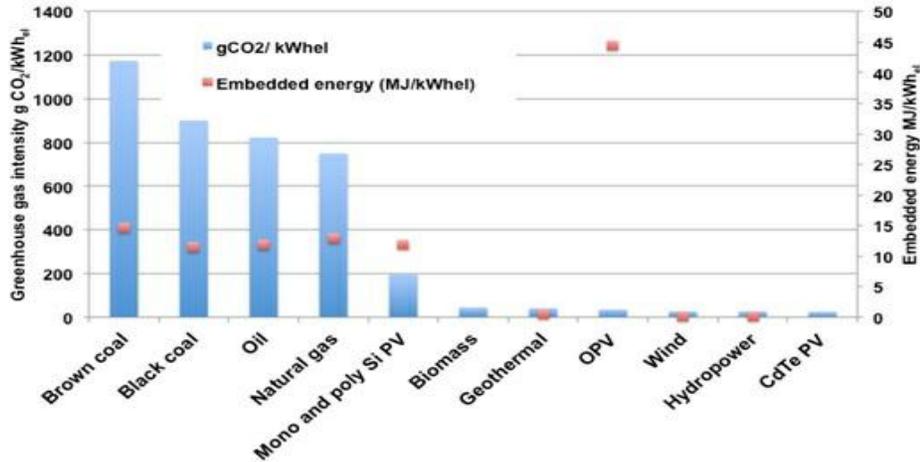


Figura 2.2. Cantidad de CO₂ emitido por kWh generado por cada tipo de tecnología, incluyendo renovables y tecnologías fósiles, (Embedded energy = CED).

El LCA es una metodología que ha sido creada con el objetivo de analizar y monitorear la CED y los materiales de cualquier producto o servicio. Esto incluye el proceso de manufactura, la fase de explotación y la fase residual permitiendo estudiar el flujo de entradas y salidas de energía e identificar en cual paso de este ciclo de vida (de un producto o servicio), se demanda mayor energía o material. La demanda energética acumulativa “CED” de un producto representa la energía directa e indirecta usada a través del ciclo de vida, incluyendo la energía consumida durante la extracción, manufactura y traspaso de los materia prima y materiales auxiliares, (Huijbregts et al., 2006).

En la figura 2.2 se observa el comportamiento estándar de las emisiones de CO₂ a partir de la demanda energética acumulativa “CED” (o energía arraigada)

El tiempo de recuperación de la energía (EPBT) es uno de los parámetros más usados para comparar energías renovables en general. Este parámetro se define como el número de años que necesita el sistema fotovoltaico para producir la misma cantidad de energía que fue necesaria durante el proceso de manufactura del mismo sistema fotovoltaico, (Alsema, 1998).

El factor de retorno de la energía (ERF) se define como la cantidad de energía que es producida por un sistema fotovoltaico a través de su vida útil por cada unidad de energía acumulativa en el sistema (es decir, energía usada en la manufactura, instalación y operación del sistema fotovoltaico).

Con los resultados anteriores se analizan las emisiones de CO₂ evitadas y su dependencia con la localización geográfica.

En principio las emisiones de CO₂ evitadas por un 1 kWp de un sistema fotovoltaico se definen como el CO₂ evitado al remplazar el sistema electroenergético del país (en la mayoría de los casos constituye una mezcla de recursos), menos las emisiones causadas por la manufactura y transporte del lugar de producción al lugar de instalación (y su servicio), (Serrano, 2013).

$$CO_2 \text{ Manufactura} = S * E_m * [CO_2 / kWhPE] \quad (2.4)$$

$$CO_2 \text{ uso} = E_{GEN} * [CO_2/kWh] \quad (2.5)$$

$$CO_2 \text{ Transporte} = CO_2 \text{ terrestre} + CO_2 \text{ naval} \quad (2.6)$$

$$CO_2 \text{ Evitada} = CO_2 \text{ Uso} - CO_2 \text{ Manufactura} - CO_2 \text{ Transporte} \quad (2.7)$$

Donde:

[CO₂ / kWhPE]: emisiones de CO₂ por kWh de la energía total primaria suministrada

[CO₂ / kWh]: emisiones de CO₂ por kWh de generación eléctrica

S: PV superficie

E_{GEN}: Energía entregada por una unidad funcional de un sistema fotovoltaico

E_m: energía de la manufactura

Los conceptos anteriormente mencionados, al ser introducidos en el modelo SURE en su versión 3.0, (J. Cherni, et al, 2016), (Serrano, 2013) han permitido a partir de los casos de estudios realizados en

Cuba, determinar no solo la propuesta de tecnologías más viables, sino que propicia evaluar las emisiones de GEI a nivel local y global tomando en cuenta el factor geográfico. Esto puede propiciar establecer las alternativas de mitigación en el orden técnico, económico y práctico a partir de una línea base dada. Este último aspecto es el que relaciona al modelo SURE v3.0 con el cambio climático a partir de un escenario dado.

3. Procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural” (PEMAR). Aspectos esenciales.

Los autores asumen como contribución a la mejora de la calidad de vida con visión de desarrollo sostenible para el medio rural, una condición social en la cual las necesidades primarias y propias de cada territorio —que pueden estar insuficientemente cubiertas o no por el estado actual de desarrollo— se satisfacen con el uso sostenible de sus recursos, sistemas naturales y participación comunitaria; y va dirigido a incrementar las posibilidades de mejora en las condiciones de vida, a partir del aprovechamiento de las potencialidades locales al servicio de las UER. En este sentido, la dimensión económica (DE), la social (DS) y ambiental (DA) son entendidas como los nudos críticos del desarrollo para el predio rural. Estas dimensiones se sustentan transversalmente con la dimensión tecnológica (DT), la institucional (DI) y la humana (DH), ver figura 3.1.

En el caso cubano, asumir este concepto de desarrollo sostenible como expresión máxima del mejoramiento de la calidad de vida del medio rural, implica un cambio en el sector energético y en la ME que favorezca la introducción y generalización de las tecnologías que utilizan las FRE.

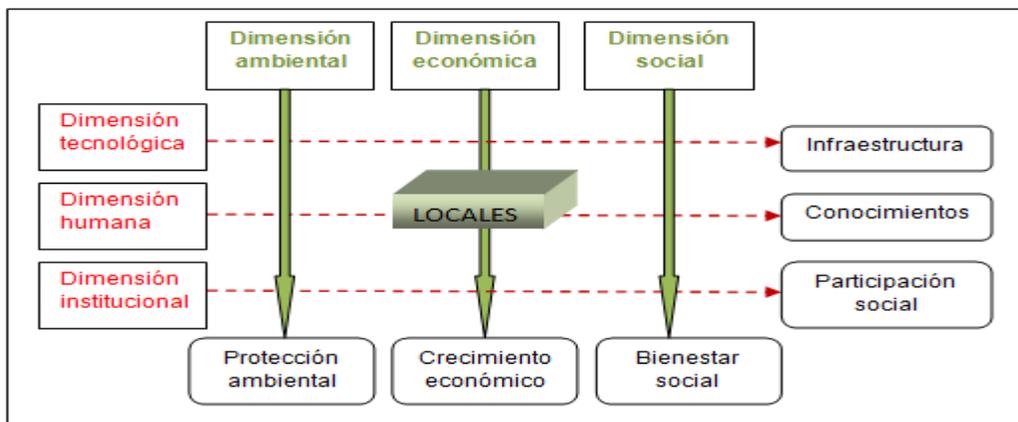


Figura 3.1. Representación gráfica de la integración de las dimensiones del desarrollo sostenible para la mejora de la calidad de vida del medio rural desde la energización.

Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

A la selección del modelo SURE como la herramienta más conveniente para servir de base metodológica del procedimiento PAMER, se incorpora en la DS el factor confianza social (CS) entendido como la respuesta ciudadana en relación con el quehacer gubernamental existente. Asumiendo que las mayores deficiencias de este modelo se enmarcan en su débil conectividad con la gestión institucional de los impactos energéticos, la autora incluye en la medición de la DI un grupo de factores a tales efectos. La pertinencia de estos fue evaluada por los expertos ya que se encontraban presentes en algunas de las herramientas analizadas, ver figura 3.2. Los mismos se resumen en: cooperación institucional (CInst.), políticas públicas (PP), coordinación en la toma de decisiones (CTD), cooperación nacional y/o extranjera (CNE) y sostenibilidad institucional (SI).

Considerando la estratificación de las dimensiones del desarrollo, las definiciones asumidas para cada una de ellas y el criterio de los expertos, se decidió evaluar la contribución a la mejora en la calidad de vida de las ZNI a partir de los factores que reporta el modelo SURE y otros que fueron incorporados. Dichos factores han sido identificados por cada una de las dimensiones críticas (DS, DE y DA) como las dimensiones que las sustentan (DH, DT, DI), lo cual reviste importancia metodológica.

Herramientas/factores	Factores aportados por las herramientas metodológicas estudiadas.																										
	Aportadas por la H7 (SURE)											Aportadas por otras herramientas															
	PC	NPAE	CS	CTD	CNE	AER	UCA	CAT	SI	IP	IVA	IVeg	MEd.	AHL	ARSoc.	CIE	NED	NEI	IM	E	MS	CV	Ing.	CE	I	Cinst.	
1																											
2																											
4																											
7																											
8																											
10																											
11																											
15																											
18																											
20																											
22																											

Figura 3.2. Relación de factores aportados por las herramientas analizadas en la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la arista energética. Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

La DI para el caso cubano adquiere singular transcendencia donde el Estado presenta la responsabilidad institucional en el marco de la administración pública, de realizar actividades de gestión sobre sus bienes. La finalidad de este poder ejecutivo es suministrar de forma inmediata y permanente bienes y servicios que contribuyan a la satisfacción de las necesidades públicas y privadas, logrando con ello el bien general.

El procedimiento que se propone (PEMAR) está concebido para una ZNI, pero es aplicable a zonas rurales electrificadas de forma parcial, donde no se han logrado niveles exitosos en la contribución energética desde FRE a la mejora de la calidad de vida (González y col., 2017a). Se estructura en tres fases, determinándose para cada una de ellas los objetivos, procedimientos específicos en cuanto a método y/o instrumento, resultados esperados e indicadores decisionales, lo cual constituye el principal aporte metodológico y científico por su novedad, de la autora. En la figura 3.3 se ilustra el

"Procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad desde la energización rural (PEMAR)".

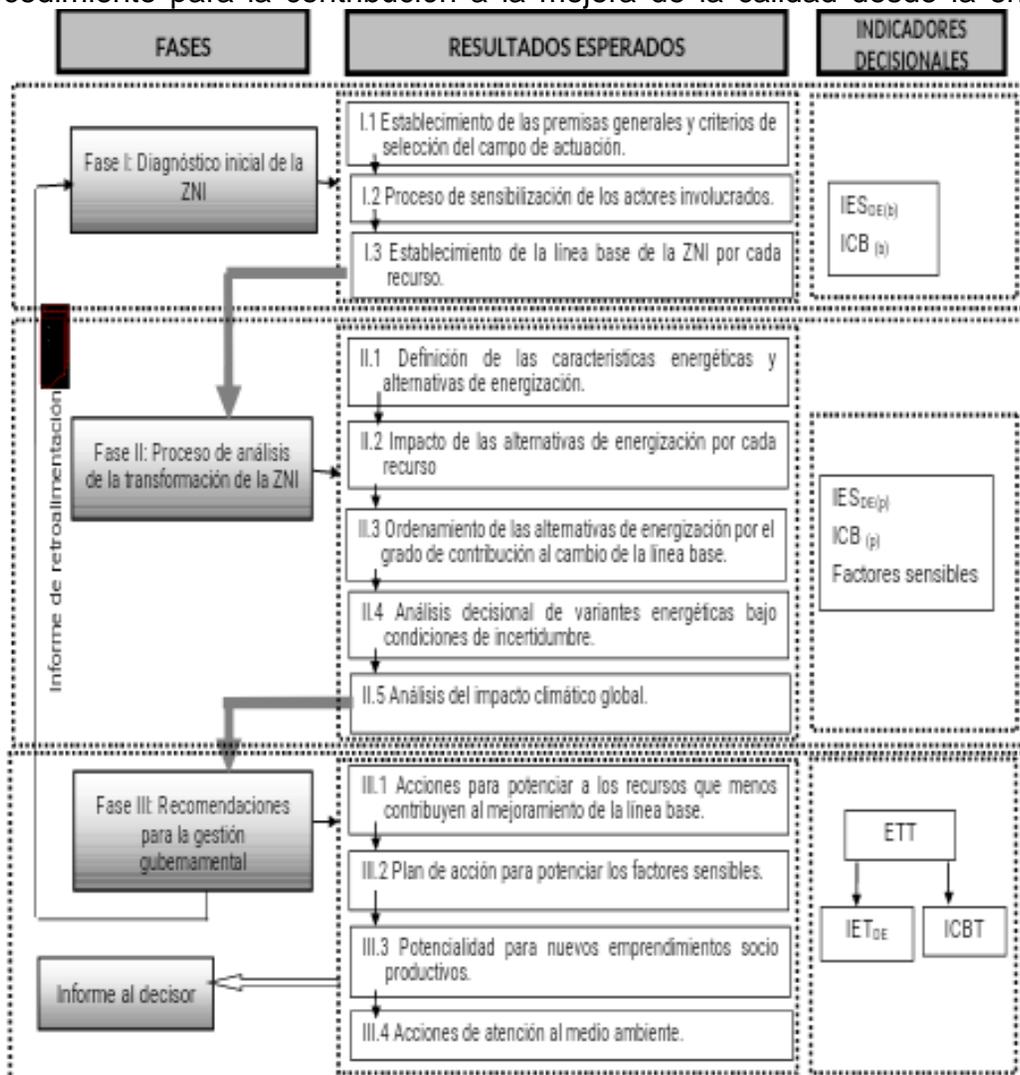


Figura 3.3. Procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad desde la energización rural. Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

Fase I: "Diagnóstico inicial de la ZNI seleccionada".

La fase I tiene como objetivo obtener un diagnóstico integral de la ZNI en su LB (antes de la transferencia tecnológica). Este juicio preliminar se obtiene a partir de la utilización de la fase I del modelo SURE e incorpora el cálculo de dos indicadores relacionados con la contribución energética al desarrollo socioeconómico de la ZNI. Los resultados esperados con esta fase son:

Resultados esperados de la fase I- I.1 Establecimiento de las premisas generales y criterios de selección del campo de actuación.

Según las experiencias de investigadores en la temática, que recomiendan la necesidad de establecer bases generales en el orden institucional y organizacional (González y col., 2017a), se establecen una serie de premisas generales y criterios de selección del campo de actuación, lo que sustenta el alcance y resultados del procedimiento propuesto.

- El CAM es el responsable de elevar a la AMPP la aplicación del procedimiento a un caso concreto. El CAM en la actual estructura de gobierno en Cuba, tiene potestad para dictar políticas públicas de alcance local, siempre y cuando no contravengan las disposiciones y límites establecidos a nivel nacional.
- La decisión de aplicar el procedimiento parte desde la concepción de su inclusión en el plan de la economía a nivel local. Para su aplicación debe estimarse un presupuesto destinado a sufragar los gastos de los especialistas que intervengan, sobre todo, en las fases I y II. Este presupuesto debe

considerarse como el valor económico de la información (VEI) y debe elaborarse de acuerdo con los estándares tradicionales por partidas y elementos de gasto.

- El procedimiento es una herramienta viable para la contribución al desarrollo sostenible en el ámbito rural, el cual contribuye a la transferencia tecnológica a partir de tecnologías basadas en FRE. Su éxito depende, en gran medida, del nivel de coordinación entre los actores locales y de la profundidad y seriedad de las estrategias/decisiones que se adopten.

La elección del campo de acción para llevar a cabo la transferencia de la tecnología renovable debería contemplar los siguientes criterios primarios (Cherni y col., 2006):

- Asentamientos rurales que cumplen la condición de pertenecer a las capas menos favorecidas con diferentes grados de calidad de vida.
- Zonas aisladas ubicadas en pie de montaña o premontaña (condición de lejanía geográfica).
- Asentamientos no electrificados en zonas no interconectadas (ZNI) o zonas rurales energizadas parcialmente (condiciones energéticas).

Garantizar tanto las bases generales de aplicación del procedimiento como los criterios primarios de selección del campo de actuación, representa el primer logro, no modelado en el procedimiento, de los esfuerzos integracionistas de las necesidades y expectativas comunitarias con la voluntad política de sus gobiernos a nivel local.

Resultados esperados de la fase I- I.2 Proceso de sensibilización de los actores involucrados.

Según Arencibia (2015) "la gestión energética local basada en las potencialidades que poseen las localidades, no responde a la implementación de proyectos nacionales en el territorio" (que obedece a la estrategia nacional de transformación de la matriz energética a un nuevo esquema más descentralizado, a partir del uso de las FRE). La singularidad de este desarrollo energético es que se considera más genuino, ya que se origina desde las necesidades sentidas de la propia localidad, y canalizan sus expectativas con las estructuras de gobierno, las cuales incorporan esta temática dentro de los contenidos de su actuación político-administrativa.

La gestión energética se encuentra dirigida a contribuir a la mejora de la calidad de vida de la localidad a partir del acceso a la energía, el uso de los recursos naturales endógenos y su disposición en función de los sectores socioeconómicos más demandantes los que deben ser socializados con los actores locales. Con ello, la localidad reconoce la importancia de la energía para el desarrollo local, se concilian intereses y prioridades, lo cual favorece la propia sostenibilidad energética del territorio.

De esta forma la sensibilización de los actores locales se considera el primero de los momentos de la gestión energética municipal. Para desarrollar este proceso se realizan una serie de pasos (Arencibia, 2015), los cuales tendrán mayor alcance o implicación, en relación al estadio inicial o línea base del territorio relacionado con la temática de la energización mediante FRE y sus diversas tecnologías. Ellos son:

- Intercambio con los actores locales sobre la factibilidad de las tecnologías energéticas que utilizan las FRE y visualización del escenario local. Este paso puede ser desarrollado a partir de videos, conferencias y/o charlas entre los especialistas o expertos de las tecnologías y los actores locales.
- Visitas o presentaciones de experiencias en otros territorios, preferentemente utilizando aquellas que más se asemejan a la realidad energética y socioeconómica de la localidad a energizar.
- Desarrollo de un proyecto demostrativo local. Generalmente estos proyectos sirven de vitrina para demostrar la factibilidad de la tecnología sin generalizarla y donde además se precisan las barreras que existen en el territorio para la incorporación de las nuevas tecnologías.

Resultados esperados de la fase I- I.3 Establecimiento de la línea base de la ZNI por cada recurso.

Para obtener el establecimiento de la LB de la ZNI se aplica la encuesta participativa complementaria (EPC) del modelo SURE de conjunto con la opinión de expertos (Águila y col., 2006). Con esta

información el equipo de especialistas y expertos¹ realizan la introducción de los datos primarios y otros de su conocimiento en la fase I de diagnóstico del modelo, abordadas en Cherni y col. (2006). La ventana inicial donde se refleja la información de su LB y que permite visualizar la representación gráfica del estado de la ZNI por cada recurso, se muestra en la figura 3.4.

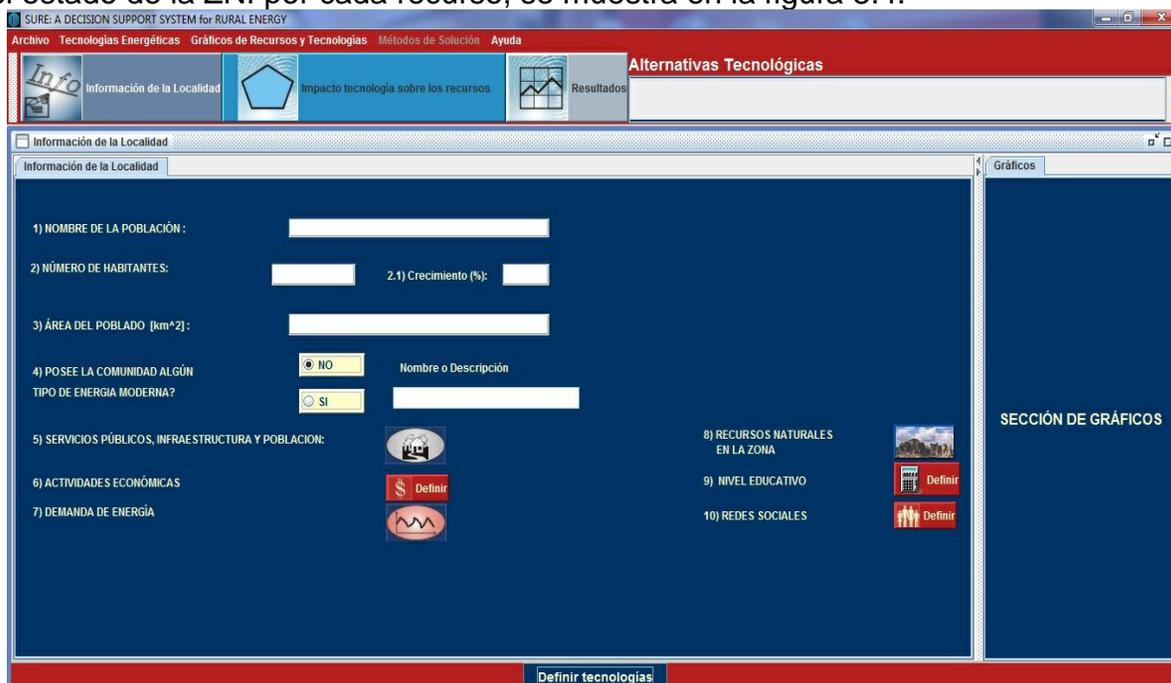


Figura 3.4. Ventana inicial del modelo SURE donde se muestra la recolección de información en la LB de la ZNI. Fuente: tomado de SURE versión 4.2 (Cherni y col., 2006).

El esquema de decisión que comprende los tres resultados esperados se ilustra en la figura 3.5. Es importante señalar que los resultados en los momentos I.1, I.2 y I.3 se obtienen de la aplicación del modelo SURE. El procedimiento propuesto hace uso de ellos para las valoraciones siguientes.

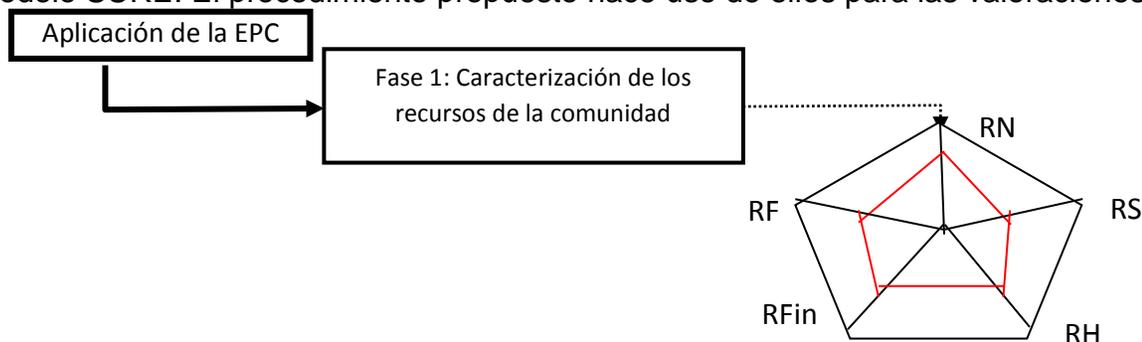


Figura 3.5. Esquema de decisión de la fase I del modelo SURE. Fuente: adaptado de Cherni y col., 2006.

Indicadores decisoriales de la fase I

Los indicadores decisoriales que se aportan en la fase I del PEMAR, presentan un enfoque energético-socioeconómico ya que representan la contribución energética al mejoramiento de la calidad de vida: el indicador de energía servida en función del desarrollo económico para el año base, $IES_{DE(b)}$ y el indicador de consumo básico para el año base, $ICB_{(b)}$. Ambos contabilizan la energía disponible en la ZNI en su LB, y constituyen parte de los aportes científicos de la autora. Con esta finalidad se implementan una serie de procedimientos medulares de la propuesta, que parten del cálculo de la

¹ En los trabajos de campo realizados hasta el momento en Cuba, este equipo ha estado integrado por los miembros del modelo SURE (procedentes de universidades, empresas e instituciones relacionadas con la energía) y el GTDL del CAM donde se enclava la comunidad o ZNI en cuestión.

capacidad servida (CS). A tenor con la investigación la CS es entendida como la capacidad energética dispuesta para los usuarios de la electrificación de forma general. Estos procedimientos se relacionan a continuación:

Cálculo de la capacidad servida (CS) en kilowatt-hora/año (kWh/año), según ilustra la fórmula 3.1.

$$CS_{(b)} = CI_{(b)} \times Ca \times \frac{\#hf_{(b)}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \quad (3.1)$$

Donde:

$CI_{(b)}$, capacidad instalada en la LB, expresada en kW, referida por el modelo SURE.

$\#hf_{(b)}$, números de horas diarias en funcionamiento de la planta generadora, por lo que se cumple que $0 > \#hf_{(b)} < 24$.

Ca , coeficiente de ajuste que toma en cuenta los tiempos utilizados en los mantenimientos.

Este coeficiente debe tener un rango de 0-1 y para los casos de nuevas inversiones se toma 0.9 por concepto del mantenimiento de servicio técnico.

Cálculo del $IES_{DE(b)}$ para estimar la energía servida a la ZNI, en funciones económico-productivas, (kWh/año/\$). Este es medido con la fórmula 3.2:

$$IES_{DE(b)} = \frac{ES_{cfp(b)}}{PM_{(b)}} = \frac{\text{kWh servidos a la comunidad en función productiva, (kWh/año)}}{\text{Producción Mercantil (PM) Anual, (\$)}} \\ = \frac{\text{kWh servidos a la comunidad en función productiva, (kWh/año)}}{\text{Producción Mercantil Anual, (\$)}} \quad (3.2)$$

Donde: $ES_{cfp(b)}$, energía servida a la comunidad en funciones productivas, (kWh/año).

$PM_{(b)}$, producción mercantil anual estadística, (\$).

Cálculo de $ICB_{(b)}$: se realiza para conocer el consumo básico de energía por hogares en un año para satisfacer sus necesidades básicas más el consumo de servicios públicos (kWh/año/hog). Este es medido con la ecuación 3.3.

$$ICB_{(b)} = \frac{ES_{hsp(b)}}{\#hog_{(b)}} = \frac{\text{kWh de consumo básico de energía de hogares+servicios públicos, (kWh/año)}}{\text{Número de habitantes}} \quad (3.3)$$

(3.3)

Donde: $ES_{hsp(b)}$: energía servida en hogares y servicios públicos, (kWh/año).

$\#hog_{(b)}$: número de hogares en la LB de la ZNI seleccionada.

Cuando la energía existente sea en forma de calor, se realizan las conversiones de acuerdo con los índices referidos en los "datos básicos para los estudios de factibilidad" emitidos en el año 2013 y actualizados en 2015 (UNE, 2015), en función de las inversiones con FRE y la eficiencia energética; por lo tanto, en todos los casos los valores se refieren en kWh.

➤ **Fase II: " Proceso de análisis de la transformación de la ZNI".**

Esta fase persigue el objetivo de realizar un análisis de la transformación de la zona seleccionada con la transferencia tecnológica y sus impactos en cada recurso, tomando en cuenta cada alternativa definida en la fase I. A partir de la PI de las tecnologías en los recursos y usando técnicas de análisis multicriterio, se delimita la más conveniente denominándola "alternativa ganadora", por ser aquella que mejor contribuye integralmente al mejoramiento de la LB. El proceso de implantación del procedimiento se inicia en esta fase.

Resultados esperados de la fase II- II.1 Definición de las características energéticas y alternativas de energización.

A partir del análisis del ítem "demanda de energía por sectores" de SURE, se obtiene la capacidad energética a instalar en kW tomando en cuenta la demanda futura y el índice de crecimiento demográfico. En este punto se definen, además, las características y capacidades que poseen las fuentes renovables locales con ayuda del ítem "recursos naturales de la zona".

Resultados esperados de la fase II- II.2 Impacto de las alternativas de energización por cada recurso de la ZNI.

Esta PI se estructura a través de un procedimiento que define estructuralmente la evaluación de cada uno de los recursos comunitarios en relación con las opciones tecnológicas energéticas, según los procedimientos de Cherni y col. (2006).

Resultados esperados de la fase II- II.3 Ordenamiento de las alternativas de energización por el grado de contribución al cambio de la línea base.

Auxiliado del ítem "ordenamiento de alternativas" referido por SURE el tomador de decisiones obtiene un listado de las alternativas energéticas definidas y el puntaje obtenido por cada tecnología, comenzando por la de mayor éxito o "ganadora". Para ello el modelo necesita de la utilización de las técnicas de análisis multicriterio (Barba-Romero, Pomerol y Jean-Charles, 1997), y procesan la información con el método de análisis multicriterio llamado "programación por compromiso" (Yu y Zeleny, 1973).

El análisis de robustez de recursos y alternativas muestra información sobre tres atributos que brindan información relevante para la toma de decisión. Ellos son: grado de colaboración entre los recursos, los valores de entropía de las alternativas de energización y la posibilidad de éxito de cada alternativa (Henao y col., 2004). En esta fase se consideran las DE, DS, DH, DT y DA del desarrollo en el estado de proyección de la comunidad (González y col., 2017a).

Resultados esperados de la fase II- 2.4 Análisis decisional de variantes energéticas bajo condiciones de incertidumbre.

Con los resultados II.1, II.2, II.3 y II.4 de esta fase, PEMAR realiza un análisis decisional bajo condiciones de incertidumbre (Howard, 1998). El paso 1 se denomina "enmarcamiento de la decisión" y en él se diseñan variantes energéticas probables. La autora ha definido tres variantes: (1) situación actual *versus* "alternativa ganadora", (2) situación actual *versus* "alternativa deseada" (bajo el entendido que no siempre la "alternativa ganadora" coincida con la alternativa que el decisor desee potenciar o disponga) y (3) situación actual *versus* "alternativa menos probable". Una vez que se definan los escenarios probables se determina el "disparador de la toma de decisión" (Hadmmond, Kenney y Raiffa, 1999), con el objetivo de lograr centrar a los decisores en el elemento medular que impulsa la toma de decisiones.

El paso 2 de esta técnica consiste en crear el "diagrama de objetivos" (Keeney, 1992), ya que ellos son la base de las alternativas que se analizan en la búsqueda de soluciones integrales a la problemática energética.

El paso 3 denominado "tabla de estrategias" (Howard, 1998) permite generar estrategias de solución combinando las dimensiones del desarrollo sostenible definidas en el paso 2 con cada objetivo intermedio, pero delimitando qué factores se ven afectados si se potencia cada uno de ellos. Una vez definida la "tabla de estrategias" se realiza el paso 4 denominado "análisis de sensibilidad²". En este punto se seleccionan por cada alternativa definida qué o cuáles factores son los que más impactan la función objetivo, denominándolas "factores sensibles" (González y col., 2017a).

Resultados esperados de la fase II- II.5 Análisis del impacto climático global.

El análisis del impacto global en inversiones que utilizan tecnologías (ya sean contaminantes o no) al medio ambiente reviste singular importancia.

Indicadores decisionales de la fase II

Los indicadores decisionales que se aportan en la fase II, también presentan un enfoque energético-socioeconómico ya que representan la contribución energética al mejoramiento de la calidad de vida, pero en un estado de proyección de la transformación de la LB. El indicador de energía servida en función del desarrollo económico para la proyección de transformación de la LB ($IES_{DE(p)}$), y el indicador de consumo básico de los hogares y servicios públicos ($ICB_{(p)}$), constituyen igualmente aportes científicos de la autora.

Para el cálculo de los indicadores decisionales en esta fase, la CS se calcula si se considera que los valores de las variables varían según ilustra la fórmula 3.4.

2 En este caso la autora ha propuesto un análisis de sensibilidad determinístico ya que son conocidos los valores del comportamiento de cada factor dentro de cada recurso por alternativas de energización gracias a la aplicación de la fase II de SURE.

$$CS_{(p)} = CI_{(p)} \times Ca \times \frac{\#hf_{(p)}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \quad (3.4)$$

Donde:

$CI_{(p)}$, capacidad instalada proyectada (que debe ser superior a la CS existente en la LB) y que fue definida en la tarea I.2 de la fase I del PEMAR.

$\#hf_{(p)}$, número de horas diarias proyectadas para el funcionamiento de la nueva inversión energética, $0 > \#hf \leq 24$.

Cálculo del $IES_{DE(p)}$ para estimar la energía servida con la proyección de la alternativa más conveniente o "ganadora" a la zona seleccionada en funciones económico-productivas, (kWh/año/\$). Este es medido con la fórmula 3.5:

$$IES_{DE(p)} = \frac{ES_{cfp(p)}}{PM_{(p)}} = \frac{\text{kWh servidos a la comunidad en función productiva, (kWh/año)}}{\text{Producción Mercantil (PM) Anual, (\$)}} \\ = \frac{\text{kWh servidos a la comunidad en función productiva, (kWh/año)}}{\text{Producción Mercantil Anual, (\$)}} \quad (3.5)$$

Donde:

$ES_{cfp(p)}$, energía servida a la comunidad en funciones productivas con la proyección de la llegada de la "alternativa ganadora", (kWh/año).

$PM_{(p)}$, producción mercantil anual estadística proyectada con la llegada de la tecnología energética, (\$).

El cálculo de $ICB_{(p)}$ en esta fase se mide con la fórmula 3.6.

$$ICB_{(p)} = \frac{ES_{hsp(p)}}{\#hog_{(p)}} = \frac{\text{kWh de consumo básico de energía de hogares+servicios públicos, (kWh/año)}}{\text{Número de habitantes}} \quad (3.6)$$

Donde:

$ES_{hsp(p)}$: energía servida en hogares y servicios públicos considerando los kWh/año proyectados según las demandas de estos sectores definidas en la fase I del PEMAR.

$\#hog_{(p)}$: es el número estimado de hogares de la comunidad una vez que cuente con energización y que puede ser estimado a partir del índice histórico de crecimiento demográfico³ de la comunidad.

Al concluir esta fase, se puede realizar un análisis de la posible contribución energética por cada uno de los recursos comunitarios no solo para la alternativa de energización denominada "ganadora" sino de todas las alternativas definidas. Este análisis es posible realizarlo a partir del resultado esperado II.1. En este punto, el procedimiento incorpora las preferencias y los juicios del decisor. La flexibilidad y adaptabilidad del mismo, radican en la combinación de acceso a información (procedente de algoritmos ordinales) con el compromiso de sus decisores hacia la potenciación de la mejora de la calidad de vida según las circunstancias específicas de cada territorio.

➤ Fase III: "Recomendaciones para la gestión gubernamental".

Esta tercera fase tiene como finalidad ofrecer una serie de recomendaciones para la gestión gubernamental, las que se derivan de la fase II del PEMAR. Estas deberán integrar el proceso de energización con la planeación estratégica del territorio (Betancourt, Viamontes y Torrens, 2015), de forma tal que la contribución energética a la mejora de la calidad de vida se desarrolle lo más viable posible, según las proyecciones realizadas (González y col., 2017a).

En esta fase los factores de la DI y los indicadores de energía que constituyen junto a los indicadores de energía transferida en función del desarrollo económico y del consumo básico transferido en los hogares (IET_{DE} e $ICBT$ respectivamente), son aportes fundamentales.

³ El índice histórico de crecimiento demográfico para este estudio se toma de las oficinas municipales de estadísticas y se estima a partir del comportamiento de la población final anual, a razón de la fórmula $Pf=Pi+CN+SM$; donde Pf es la población final, Pi es la población inicial, CN es el crecimiento natural de la población (nacimientos - muertes) y SM es considerado el crecimiento social o saldo migratorio calculado como la diferencia entre la inmigración y la emigración.

Resultados esperados de fase III- III.1 Acciones para potenciar a los recursos que menos contribuyen al mejoramiento de la línea base.

La definición de cursos de acción que ponderen favorablemente a los recursos cuyo alcance contribuye satisfactoriamente a la mejora de la calidad de vida, se logra a partir del análisis de resultado obtenido II.1 de la fase II. Estas estrategias deben ser analizadas por el consejo técnico asesor municipal (CTAM) para su posterior presentación al CAM, que las eleva posteriormente a la AMPP. Finalmente, de ser aprobada por esta, le corresponde al CAM su control por ser el encargado directo del desarrollo a escala local.

Resultados esperados de fase III- III.2 Plan de acción para potenciar los factores sensibles.

Los factores sensibles para el logro de la función objetivo fueron identificados en el paso 4 "análisis de sensibilidad" de la fase II del PEMAR. Con ellos, los tomadores de decisiones en el territorio, deben elaborar un plan de acciones. De igual forma, este plan requiere de institucionalidad, por lo que recaba de la aprobación y control de los mecanismos definidos en el procedimiento específico III.1.

Resultados esperados de fase III- III.3 Potencialidad para nuevos emprendimientos socioproductivos.

La integración del sistema socioproductivo apoyado en las estructuras, tradiciones locales, valores sociales y culturales, favorecen la dinámica del modelo de reproducción económica al aportar recursos (financieros, físicos, humanos, entre otros) potenciadores del intercambio de bienes y servicios. Estos nuevos atributos sirven a los espacios rurales para lograr la articulación necesaria con las economías externas locales, ya sean municipales, provinciales o ramales, y aumentar la productividad del trabajo. Esta reanimación aumenta la generación de empleos (formales o no), lo cual redundará en el incremento de los ingresos de los individuos y contribuye a la mejora de la calidad de vida. A nivel social aumenta el aporte al presupuesto municipal a partir de la Contribución territorial al desarrollo local (Ley 113/STC, 2012). Los mecanismos de instrumentación y gestión estarán amparados en las leyes, decretos leyes y disposiciones legales vigentes (por ejemplo, el Decreto-Ley 305/2012 para la creación de cooperativas no agropecuarias, la Resolución No. 41 y 42/2013 que establecen el Reglamento del ejercicio del trabajo por cuenta propia). También podrán utilizarse el financiamiento crediticio, la inversión extranjera directa o de cartera, la cooperación internacional y las transferencias, como mecanismos para desarrollar los nuevos emprendimientos.

El éxito de este resultado se logra a partir del sistema de trabajo de la AMPP, el CAM y sus estructuras de gobierno en coordinación con el Instituto de Planificación Física (IPF) a escala municipal o provincial, según corresponda (IPF, 2014). Si se considera el esquema del proceso inversionista establecido en el Decreto 327/2014 del Consejo de Ministros y el papel rector de las inversiones en el desarrollo de la nación, es vital utilizar estos procedimientos en la cartera de proyectos de cada localidad de manera tal que se logre una real y efectiva reanimación socioeconómica. Evidentemente, tanto la figura del inversionista central como la del inversionista directo, son actores que, entre otros, pueden utilizar el PEMAR.

Resultados esperados de fase III- III.4 Acciones de atención al cambio climático.

Este procedimiento específico debe ser dirigido por el CITMA como órgano superior encargado de hacer cumplir la legislación ambiental cubana⁴ (LAC). Para entablar estas estrategias el CITMA, respaldado por las relaciones de autoridad del CAM, deben tomar las medidas necesarias y emprender acciones para atender, prioritariamente, el daño que se le pueda causar al medio ambiente. En última instancia, la decisión de transferir energía a partir de FRE conlleva la compatibilización con la Oficina Nacional para el control del uso racional de la energía (ONURE) como entidad rectora autorizada para emitir la licencia energética.

Por otra parte, los impactos evaluados en el procedimiento, de acuerdo con la incidencia que tengan en la regulación ambiental, pueden llegar a ser atendidos por la legislación propiamente ambiental, por

⁴ Constituye un importante instrumento de la política ambiental cubana. Se compone tanto de normas legales de diferentes jerarquías jurídicas como de normas técnicas cubanas.

efectos que contengan relevancia ambiental casual o relevancia ambiental sectorial. En el ámbito de actuación del PEMAR deberá ser consultada la LAC.

Indicadores decisionales de la fase III

En los indicadores decisionales de esta tercera fase del PEMAR, se obtiene el total de energía transferida (ETT) la cual expresa la totalidad de kWh/año que fueron transferidos a la ZNI ya sea en funciones económicas como para el mejoramiento en los hogares y servicios públicos, ver fórmula 3.7:

$$ETT = CS_{(p)} - CS_{(b)} \quad (3.7)$$

Tal y como se refirió anteriormente, una de las novedades científicas de este trabajo lo constituye la implementación de los indicadores de energía transferida en función del desarrollo económico (IET_{DE}) y el indicador de consumo básico transferido (ICBT) para los hogares y servicios públicos. Para el cálculo del IET_{DE} se debe utilizar la ecuación 3.8 la cual se auxilia de la ecuación 3.9. Por su parte, el ICBT se calcula con la ecuación 3.10 con la ayuda de la ecuación 3.11.

Cálculo del Indicador de energía transferida en función del desarrollo económico.

$$(3.8) \quad = \frac{\text{kWh transferidos a la comunidad en función productiva, (kWh/año)}}{\text{Incremento de la Producción Mercantil, (\$)}} \quad IET_{DE} = \frac{ET_{cfp}}{\Delta PM}$$

Donde:

ET_{cfp}, es la energía transferida que se deriva de:

$$ET_{cfp} = (ES_{DE(p)}) - (ES_{DE(b)}) \quad (3.9)$$

ΔPM : es la variación de la producción mercantil que utiliza la llegada de la energía, expresada en \$.

Para conocer si el comportamiento del IET_{DE} es favorable o no, se establecen rangos de evaluación comprendidos entre los valores de cero (0) a uno (1) y mayor que la unidad, según expresa la tabla 3.1. A tales efectos, el IET_{DE} pudiera considerarse como un indicador que mide la intensidad energética utilizada para el desarrollo económico de la zona seleccionada.

Económicamente, es importante señalar que cuando los valores tiendan a cero (~0) indica que el incremento de la PM con la energía servida es casi nulo. Valores iguales a la unidad (=1) indican que el crecimiento de esta es directamente proporcional a la energía servida para su uso en funciones productivas; y, si los valores son mayores que 1 (>1), indicarán que la producción mercantil disminuye de forma más proporcional a la energía que se dispuso para este sector, por lo cual no existe apalancamiento energético.

Tabla 3.1. Valores (x) de IET_{DE} y su significado.

Bajo	Medio	Alto	Sobrevalorado
x < 0,5	0,75 > x ≥ 0,5	1 ≥ x ≥ 0,75	x > 1

Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

Sin embargo, ya que la PM⁵ es el resultado de la combinación de superficie en hectáreas de tierra cultivadas, rendimiento de las cosechas y los niveles de precios de dichas producciones resulta necesario analizar en detalle este factor. Para ello se estima un máximo de PM de la ZNI seleccionada bajo condiciones ideales en sus capacidades productivas, a tenor con las formas y relaciones productivas que existan y el área productiva de que dispongan. A los efectos del análisis se estima que, si los valores de la PM marginal superan el 50 % con respecto a la PM ideal por el incremento del rendimiento (y no producto de las variaciones en ha cultivadas y precios) el comportamiento será favorable. Por el contrario, valores por debajo de 50 % de la PM ideal indicarán que el comportamiento del crecimiento económico no es favorable.

Por otro lado, el ICBT se establece para un rango normalizado de 0 a 1 y representa una evaluación de la mejora en el servicio de electricidad que recibe cada hogar con respecto a la LB, lo cual puede constituir otro aspecto a tener en cuenta por parte de los decisores. Se toma en cuenta el índice de

5 A los efectos del procedimiento diseñado se concibe como un indicador económico del resultado de la actividad agrícola practicada en la zona estudiada.

consumo mensual para las viviendas en regiones urbanas establecido por la ONURE (que sería el valor ideal a alcanzar por cada hogar en una comunidad rural) y su relación con el servicio real que se recibe en los hogares de la comunidad.

Cálculo del "indicador de consumo básico transferido en los hogares".

$$ICBT = \frac{ET_h}{\#hog_{(p)}} = \frac{kWh \text{ de consumo básico transferidos de energía de hogares+servicios públicos,(kWh/año)}}{\text{Número de habitantes}}$$

(3.10)

$$ET_{hsp} = (ES_{h(p)}) - (ES_{h(b)}) \quad (3.11)$$

Donde:

ET_{hsp} , es la energía transferida en función de los hogares y se determina:

$\#hog_{(p)}$, se corresponde con el número de hogares proyectado ya que en esta fase se precisa conocer el verdadero impacto de la llegada de la energía considerando el flujo migratorio que se haya producido en relación con la LB.

Calificar el ICBT reviste un papel importante. Se prevé el valor de consumo mensual idóneo que establece la ONURE que asciende a 186 kWh/día/hog. Este indicador constituiría el valor máximo posible a lograr para una vivienda rural, su valor mínimo sería la ausencia de electricidad, es decir, 0 kWh/día/hog y el valor a observar estaría dado por la proyección que prevea el procedimiento para el apoyo a la toma de decisiones en esta fase. Igualmente se establecen rangos de evaluación comprendidos entre los valores de cero (0) a uno (1), según la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Valores (x) de ICBT y su significado.

Bajo	Medio	Alto	Saturación
$x < 0,5$	$0,75 > x \geq 0,5$	$1 \geq x \geq 0,75$	$x > 1$

Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

De forma específica, los valores mayores que 1 (>1) indicarían la opción de realizar un análisis con vistas a un estudio de eficiencia energética. En caso necesario se señala la derivación de este excedente energético hacia el sector productivo y/o de servicios, lo cual, de ser probable, crea nuevas capacidades.

Si bien no se definen tiempos límites para la realización de las fases anteriores, las acciones que se definen en esta tercera fase se irán materializando según la rapidez, capacidad de gestión, creatividad, conexión con centros de investigación y/o universidades y otros aspectos que deben ser considerados por los gobiernos locales y sus estructuras en el sistema de trabajo que se adopte. Potenciar en la medida posible, todos los usos que la energía puede ofrecer en función de la capacidad instalada y las demandas de la ZNI podrá establecer criterios de intensidad energética y consumo vistos en los indicadores decisionales IET_{DE} e ICBT.

La retroalimentación del procedimiento posee el carácter "sumativo" de agregar valor informacional (conocimientos y experiencias); y permite observar un comportamiento diferenciador en el tiempo. Con la retroalimentación, el procedimiento proporciona la elaboración del informe denominado "Control de la contribución al mejoramiento de la calidad de vida del proyecto inversión energético". Basado en este informe (elaborado por el equipo de trabajo entrenado para estos fines) se podrá establecer una nueva LB para la ZNI, la cual servirá para el análisis detallado (por cada dimensión) de la contribución energética, basada en tecnologías FRE a la sostenibilidad del desarrollo visto en la mejora de la calidad de vida. También se podrán evaluar los logros o limitaciones de la gestión institucional en el desarrollo energético local y su impacto en la zona y el territorio. En el caso de que se prevea una reinversión, los aspectos que se obtienen sí podrían retroalimentar la fase II del procedimiento propuesto.

Por otro lado, el informe al decisor constituirá únicamente un resumen ejecutivo con el ordenamiento de las alternativas de energización y un curso de acciones que permitan gestionar el proceso inversionista energético y su impacto en la calidad de vida, por lo que constituiría una versión simplificada del informe de retroalimentación, así como las observaciones a tenor de los indicadores energético-

socioeconómicos que se predicen para un período de tiempo determinado o para el horizonte de planeación del proyecto.

4. Aspectos esenciales de la validación del "PEMAR" a partir del análisis de estudio de caso.

Esta aplicación no se limitó al diagnóstico y proyección de la comunidad rural sino que tuvo la intencionalidad práctica de apoyar la toma de decisiones con la adquisición e instalación de la tecnología energética con vistas a la futura ejecución de un segundo proyecto titulado "Contribución del uso de la energía renovable a partir de microcentrales hidroeléctricas al desarrollo de una agricultura sostenible y en defensa del medio ambiente en la región central de Cuba", financiado por el gobierno de Trento, Italia.

En una caracterización inicial de la comunidad "4to Congreso", se destaca que se ubica en el municipio de Fomento, provincia de Sancti Spíritus. Según el censo de población y viviendas (edición 2017), esta provincia presenta 326 asentamientos humanos rurales con 170 caseríos (poseen una población total <200 habitantes). Su población rural es de 126 239 habitantes, de ellos 103 823 personas viven en asentamientos concentrados y 22 416 en asentamientos humanos dispersos. El municipio de Fomento presenta 32 asentamientos rurales con una población de 11 625 personas. De ellas, 9 699 viven de forma concentrada en los asentamientos y 1 926 lo hacen de forma dispersa. Esta población rural representa el 34,8 % de la población total de dicho municipio que presenta un IE del 98,6 %. Los asentamientos humanos rurales disponen de un IE del 98,2 %, compuesto por un IE del 98,9 % para las viviendas concentradas y del 94,4 % para las viviendas dispersas. La comunidad "4to Congreso" posee como categoría poblacional la denominación de caserío y ocupa un área de 0.16 km². Se sitúa a 6 km del poblado Gavilanes y a 35 km de la ciudad de Fomento. En el año 2014 esta comunidad rural se encontraba parcialmente electrificada. La totalidad de las familias a beneficiar es de 21 viviendas compuesta por familias de agricultores, para una capacidad máxima de 57 habitantes. En la actualidad viven únicamente 31 habitantes. Las viviendas eran todas de madera y carecían de servicio eléctrico estable y de comunicación.

Como actividad fundamental se dedicaban al cultivo del café con riego por gravedad de los viveros, complementada con la cría de animales y otros productos agrícolas, asociándose en la CCS "Aracelio Iglesias". El servicio de electricidad existente se realizaba a partir de 6 kW de potencia instalada en una minihidroeléctrica obsoleta, por lo que el servicio eléctrico era inestable y limitado solo a 12 horas por día en la época de lluvia. Dicha potencia permitía el suministro eléctrico de iluminación a locales de CCS y a la escuela. Existía además una bodega y un club social, ambos en mal estado constructivo y no electrificados. La comunidad dispone de recursos naturales como el sol y el agua proveniente de un manantial del afluyente del río "Caracusey" que garantiza el abasto poblacional y el riego por gravedad. Se considera que el viento no es significativo y la biomasa se encuentra en proceso de protección y recuperación. Su mayor potencial está dado por los residuos del cultivo del café y en menor medida por los residuos orgánicos de los animales.

En esta comunidad, como principal base socioeconómica cuentan con el cultivo de café arábica, variedad "Isla", la cual no disponía de energía para producir valores mercantiles en 2014, momento en el que se inicia el estudio y se había reducido drásticamente el número de asociados en la CCS y de la comunidad, por el bajo índice de calidad de vida como consecuencia de la existencia de un recurso físico deprimido, con casas arrendadas y deterioradas constructivamente, ausencia de un servicio eléctrico estable, una cadena de producción del café con altas limitaciones productivas y deterioro de algunos indicadores sociales y humanos de la población de la comunidad. Del total de tierras arrendadas a la CCS (154,21 ha), solo el 60% son cultivables (92 ha). Esta región posee alto potencial para el cultivo del café arábica de primera calidad con vistas a la exportación.

A continuación, se relacionarán los principales aspectos de la aplicación realizada de PEMAR en la comunidad rural.

- **Resultados de la fase I "Diagnóstico inicial de la ZNI seleccionada".**

De estas, particular importancia reviste la:

Fase I- 1.3 Establecimiento de la línea base de la comunidad "4to Congreso" por cada recurso.

Según los resultados de la aplicación de la EPC (González y col., 2017a), y el análisis de especialistas, todos los recursos fueron evaluados con valores entre 0 y 100. El puntaje obtenido por cada recurso comunitario en la línea base (LB) se ilustra en la tabla 8 y los rangos definidos para su valoración se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Puntaje de cada recurso en la línea base de la comunidad "4to Congreso".

Tecnologías/Recursos	RN	RF	RH	RS	RFin
Actual hidroenergía	40,89	13,38	22,52	77,23	40,0

Fuente: Olalde y col., 2016.

Como se observa los RH, RF y RN se encuentran con bajos puntajes que alcanzan valores de 22,52; 13,38 y 40,89 respectivamente. En el caso del nivel de logro del RH (22,52) se debe a que se posee un bajo NE visto en el índice de escolaridad de 0,32 de 1 que es el mayor valor posible; solo el 67,7 % de los residentes acabaron la escuela primaria; 16,1% la escuela secundaria, el 9,6 % posee entrenamiento técnico, el 0% de la población posee nivel profesional y un 6,45 % no posee nivel de escolaridad; se observa que las mujeres tienen el índice más bajo en destrezas profesionales.

Tabla 4.2. Rangos definidos para evaluar los puntajes de los recursos.

Valores	Acceso/logro
0	Nulo
1-50	Bajo
51-75	Medio
76-100	Alto

Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

El nivel de logro en el RF también es bajo (13,38) ya que el factor "I" se limitaba a una escuela primaria electrificada mediante un sistema de generación hidroenergética ineficiente y muy limitado en su capacidad; existía una bodega de productos industriales y un club social en muy mal estado y carentes de servicio eléctrico. Las capacidades tecnológicas existentes en la cadena de producción del café se remitían a una mínima disponibilidad. A su vez el factor CV era bajo, ya que las 21 viviendas existentes en la comunidad presentaban mala calidad en el servicio de electricidad existente en aquel entonces, caracterizado por constantes oscilaciones de la frecuencia y voltaje y solo 12 horas como valor máximo de duración en el servicio de electricidad. Las viviendas poseen un estado constructivo entre regular y malo. En términos del RN el factor DR se potencia con el recurso agua, el cual es abundante, siendo el principal recurso disponible junto con el sol; este recurso exhibe un puntaje de 40,89 que responde a los impactos producidos por la tecnología existente y la acción del hombre, ver tabla 4.1.

El RFin posee un nivel de logro bajo (40,0) ya que poseía un débil factor AE. Las principales entradas financieras provenían de la deprimida comercialización del café, la venta de ganado menor (de forma informal) y de algunas remesas familiares. Especialmente, como en la mayoría de las comunidades rurales aisladas de montaña, no lograban conseguir empleos por la lejanía y por no poseer el adecuado nivel profesional o destrezas en otras actividades fuera del cultivo del café. Sin embargo, el RS se encuentra adecuadamente fortalecido, lo cual es una característica muy usual en comunidades rurales cubanas, con un nivel de logro alto (77,23). Este se ve favorecido por la existencia de RSoc. formales y la atención del gobierno al CP, lo cual ha brindado cierto nivel de confianza, aunque no ha frenado el factor IM. De 57 habitantes, que es la población máxima en la comunidad, en el momento de este estudio "4to Congreso" contaba con solo 31 pobladores.

Fase II- II.3 Ordenamiento de las alternativas de energización por el grado de contribución al cambio de la línea base.

Posterior a la determinación de la matriz tecnológica, en función del puntaje total alcanzado a partir del nivel de logros para cada recurso se aplica el análisis multiobjetivo con el fin de ordenar las alternativas. Según estos resultados la opción tecnológica más apropiada sería la hidroenergía (micro y pico hidráulica) con 100 puntos, seguida del SEN (red) con 93,23 puntos, y le sigue la energía solar fotovoltaica con módulos independientes del tipo silicio con 50,1 puntos, (González y col., 2017).

Fase II- II.4 Análisis decisional de variantes energéticas bajo condiciones de incertidumbre.

Con los resultados obtenidos hasta este momento en la fase II se realiza el análisis decisional dando como resultado del paso 1 la definición de tres escenarios: (1) la actual hidroenergía con potencia instalada de 6 kW y 10 % de eficiencia –micro pico hidráulica con potencia a instalar de 15 kW y 80 % de eficiencia, (2) la actual hidroenergía con potencia instalada de 6 kW y 10 % de eficiencia-SFTV con potencia a instalar de 15 kW y 30 % de eficiencia y (3) la actual hidroenergía con potencia instalada de 6 kW y 10 % de eficiencia – grupo autónomo convencional con potencia a instalar de 15 kW y 70 % de eficiencia. Se declara para todos los casos que el disparador de la decisión es la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural. Una vez clarificados los tres escenarios se realiza el diagrama de objetivos. En este caso la autora decide aplicarlo solo al escenario más probable conformado con la tecnología actual y la "alternativa ganadora" definida, o sea, el escenario (1). Los resultados de este paso se ilustran en la figura 4.1.

Para el escenario (1) se establecen tres objetivos intermedios los cuales han sido fijados en función de las tres dimensiones del desarrollo, pero reconociendo la participación de los cinco recursos de la TMVS de manera integrada a las dimensiones. Cada uno de estos objetivos intermedios tributan a la función objetivo en mayor o menor medida y a su vez cada recurso comunitario posee potencialidades, desde sus factores para lograr niveles exitosos de estos. Dichas potencialidades radican en determinar si cada recurso impacta sobre los objetivos intermedios definidos, determinándose que:

El RH impacta los objetivos intermedios 1,2 y 3; el RN impacta los objetivos intermedios 1, 2 y 3; el RS impacta los objetivos intermedios 1 y 3; el RFin impacta los objetivos intermedios 1 y 3; el RF impacta los objetivos intermedios 1, 2 y 3.

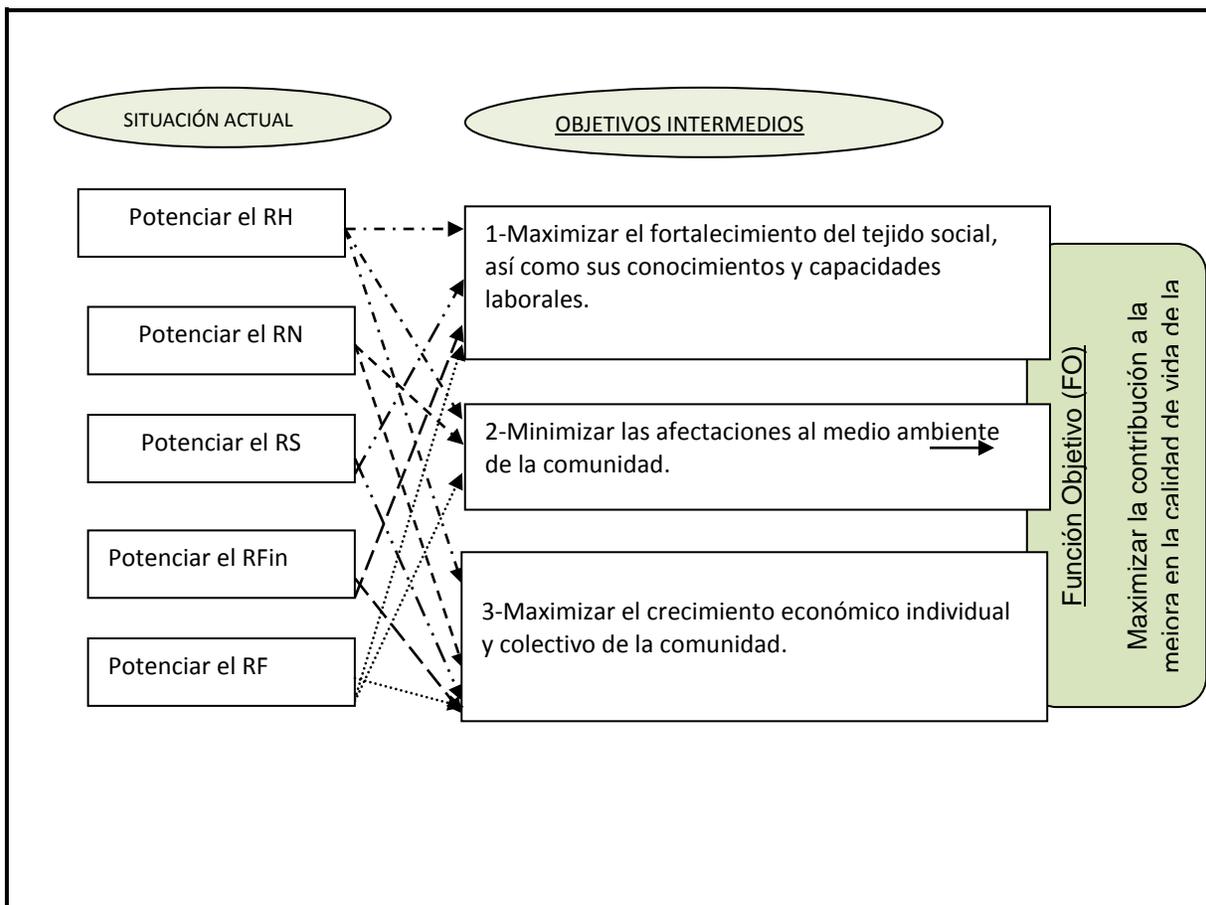


Figura 4.1. Diagrama de objetivos definido para la comunidad "4to Congreso". Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

Posteriormente se definen los factores que inciden en ese impacto de los recursos a los objetivos intermedios, lo que da como resultado una tabla de estrategias en una matriz de dimensiones/objetivos

intermedios. Se identifican los factores, por cada dimensión que mayor frecuencia de repetición presentan por cada uno de los objetivos intermedios definidos. A tenor con la técnica aplicada del análisis decisional esos son identificados como los factores sensibles que deben atenderse en la contribución a la mejora de calidad de vida con perspectiva de desarrollo sostenible desde la inversión energética (función objetivo). Para la DH el factor más sensible es la "CAT". En el caso de la DA la sensibilidad se evidencia en el factor "AER". La DS presenta mayor sensibilidad en los "ARSoc." e "IM", los cuales califican como sensibles, mientras que en la DE son "NED", "NEI", "Ing." y el "CE". En la DT se refleja la sensibilidad de los factores "I" y "E". Este análisis reviste gran importancia para la fase III, ya que a partir de la identificación de estas variables se establecen acciones específicas para maximizar su contribución a la función objetivo.

Otro de los aspectos que se consideran de importancia lo es:

Resultados de la fase III "Recomendaciones para la gestión gubernamental".

Fase III- III.1 Acciones para potenciar los recursos que menos contribuyen al mejoramiento de la LB.

Los recursos más deprimidos son el RH el cual alcanza un puntaje de 48,9 puntos y el RN con 40,79 puntos. Para potenciarlos se muestran en la tabla 4.3 las estrategias previstas.

Fase III- III.2 Plan de acción para potenciar los factores sensibles.

Las acciones propuestas para potenciar los factores sensibles identificados en la fase II del procedimiento se relacionan en la tabla 4.4.

Fase III- III.3 Potencialidades para nuevos emprendimientos socioproductivos.

Una de las prioridades del ordenamiento territorial es mejorar el acceso a los servicios básicos y otros relevantes, por lo que se deben trazar estrategias competitivas y sostenibles para la mejora de calidad de vida de la comunidad y su articulación con la planificación territorial. En específico, se prevé: la microlocalización de la nueva microcentral hidroeléctrica; de microviveros de uso común en tierras asignadas a la CCS "Aracelio Iglesias"; rehabilitación de la red hídrica para el abasto comunitario en "4to Congreso"; el aumento del valor agregado a la cadena de producción de café de la CCS mediante la posible adición de un despulpador u otro proceso adicional que genere empleos.

Tabla 4.3. Estrategias para potenciar los RH y RN en la comunidad seleccionada.

Recursos a priorizar	Acciones
RH	1.1 Proponer al CP con su delegado y presidente de la CCS y CDR la coordinación de un programa de actividades de capacitación cultural en temas de producción de café, medio ambiente, eficiencia energética y uso racional de los recursos naturales en horarios apropiados. Existe la capacidad relacionada con la existencia de los medios audiovisuales como resultado del proyecto, y con el objetivo de que los habitantes utilicen el tiempo libre social de manera adecuada. 1.2 Proponer al órgano de AMPP que conjuntamente con el CAM establezca las acciones para la incorporación de servicios tales como planificación familiar y pediatría en la comunidad de Gavilanes, demandados por la población a partir de la asistencia de especialistas de Fomento al puesto médico. 1.3 Proponer a la UEB de hidroenergía Villa Clara que realice acciones de capacitación que contribuyan al aumento de las capacidades del conocimiento de los habitantes de la comunidad, de manera tal que puedan recapacitar a los operadores existentes y entrenar a los nuevos operadores para la apropiación adecuada de la tecnología.
RN	2.1 Proponer al CEM que en colaboración con la UEB de hidroenergía VC y la universidad de Sancti Spiritus, realicen acciones con vistas a garantizar un uso racional del agua; estas actividades pueden ser inclusivas en el punto 1.1. 2.2 Coordinar con el grupo municipal de medioambiente la evaluación del ecosistema

local con vistas a determinar el estado de resiliencia y tomar, en caso necesario, medidas de restauración, (Ley 81/1997 del Medio Ambiente).

Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

Tabla 4.4. Plan de acciones para potenciar el nivel de impactos en los factores sensibles identificados en la comunidad "4to Congreso".

Factores a potenciar	Acciones
1. ARSoc., IM	<p>1.1 Proponer al presidente del CP se fomente la creación de redes a partir de los espacios informales (club de capacitación cultural), existentes con el objetivo de promover la cohesión social, la confianza y la disminución del impacto migratorio en coordinación con otros entes del municipio Fomento.</p> <p>1.2 Proponer al presidente de la CCS la posible incorporación, previo análisis de prefactibilidad, de un despulpador de café como un valor agregado a la cadena de producción cafetalera para su posterior presentación al CTAM.</p>
2. NED, NEI, CE, Ing.	<p>2.1 Reanimar la actividad económica de la CCS con la realización de producciones comunes de café y de viveros, es decir que se convierta en una CCS fortalecida.</p> <p>2.2 Proponer al CTAM que se evalúe la posibilidad de instalar paneles fotovoltaicos en objetivos sociales y viviendas con la intención de diversificar el uso de las fuentes energéticas y utilizar la energía que se obtiene de la hidroenergía en la potenciación de actividades socioproductivas. Para ello el financiamiento puede obtenerse a partir de las disposiciones vigentes amparadas en la Ley 118/2014 de Inversión Extranjera, el Decreto 325 (Reglamento de la Ley), Resoluciones No.128 y 129/14 ambas del Ministerio de Comercio Exterior, No.16/14 del MTSS y la Resolución No.46 y 47/14, ambas del Banco Central de Cuba.</p> <p>2.3 Se propone al CAM que desarrolle acciones para lograr una estructura adecuada en la cadena de producción de café que contemple con acierto la integración de los actores directos (campesinos productores de café) e indirectos como los capacitadores (Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas), de suministro como lo es el grupo local empresarial de logística del MINAG "GELMA", sucursal de BANDEC de Fomento, CUPET Fomento, OBE Fomento, transporte provincial de Sancti Spíritus, UEB agropecuaria de Fomento, acopio, despulpadora de la localidad "Pedrero", Instituto de suelos y comercializadora.</p> <p>2.4 La acción 1.2 también podría propiciar la reanimación económica de la comunidad, así como nuevas oportunidades de empleos a los pobladores.</p>
3. E, I	<p>3.1 Se propone al CEM que junto al director de la UEB Hidroenergía VC prevea un plan de acciones que propicie un aumento del rendimiento y la sostenibilidad de la microcentral hidráulica instalada.</p> <p>3.2 Se propone al CTAM se evalúe la posibilidad de rehabilitar el sistema hídrico de abasto de agua de la comunidad por su deficiente estado técnico.</p>
4. CE, CAT	<p>4.1 Las acciones 1.1, 1.2 y 1.3 se adaptan completamente a los requerimientos de la sensibilidad de estos factores.</p>
5. DR, AER	<p>5.1 Las acciones 2.1 y 2.2 se ajustan a las necesidades de potenciación de estos factores.</p>

Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

Colateralmente en esta etapa se calcula la ETT, donde:

$$ETT = 106.434,00kWh/año - 26.280,00kWh/año = 80\ 154,00\ kWh/año$$

Este indicador refiere que, según las predicciones de SURE, se le transfieren a la comunidad "4to Congreso" 80 154,00 kWh/año para actividades socioeconómicas. Sin embargo, la utilidad de este

indicador radica en el posterior análisis, fruto de su descomposición en los IET_{DE} y el ICBT, que a opinión de los autores son los dos indicadores de mayor relevancia:

$$IET_{DE} = \frac{8.869,50 - 0,00}{\$400.000,00} = 0,022 \text{ kWh/año/\$}$$

De acuerdo con las predicciones realizadas, se puede observar que se transfirió energía para el desarrollo de la actividad productiva en un monto de 0,022 kWh/año/\$.

Por otra parte, se conoce que del total de superficie (154,21 ha) solo el 60 % representa tierras cultivables. Si se asume un rendimiento máximo ideal de 1 t/ha de café en las 92,5 ha de tierras que se pueden dedicar a la siembra de este cultivo, la producción sería de 92,5 t/año, aproximadamente 7 182 latas de café. Esta producción anual valorada en \$160,00 CUP/lata arrojaría una PM ideal de \$ 1 149 120,00 sin tomar en cuenta la venta de posturas de los viveros. Aunque la PM creció en \$ 957 720,77 el valor total alcanzado en la predicción (\$ 966 400,00) representa el 99,1 % con respecto a la ideal. Por lo que se considera que es favorable la predicción prevista para el crecimiento de la misma en función de la ES_{cfp}. No obstante, debe advertirse que este posible nivel de logro de la PM (bajo las mismas condiciones de precios de la LB en 2015) se debe al aumento del área de recolección a 12 ha de tierra de las 92,5 disponibles y al número de posturas vendidas a los socios de la CCS por parte de los trabajadores de los viveros.

Con respecto al ICBT se tiene que:

$$\frac{43\,871,04 \text{ kWh/año} - 3\,285 \text{ kWh/año}}{57} \text{ ICBT} = \frac{62.679,20 - 26.280,00}{21} = 1.733,3 \text{ kWh/año/hog}$$

Para normalizar el valor del ICBT se utiliza la fórmula 4.1:

$$ICBT_n = (V_{obs} - V_{\min}) / (V_{\max} - V_{\min}) \quad (4.1)$$

Donde:

ICBT_n, oscilará en un rango de 0-1 o mayor que 1; V_{obs}, es la proyección realizada, es decir, se expresa en kWh/año/mes, a sus efectos 144 kWh/mes/hog.; V_{min}, es igual a cero pues representa la ausencia total de servicio eléctrico en el hogar; V_{máx}, es igual al valor que se toma de referencia por la ONURE, 186 kWh/mes/hog. Por lo tanto:

$$ICBT_n = (144,0 \text{ kWh/mes/hog} - 0,0 \text{ kWh/mes/hog}) / (186 \text{ kWh/mes/hog} - 0,0 \text{ kWh/mes/hog})$$

$$ICBT_n = 0,77 \text{ kWh/mes/hog}$$

Se establece que valores de 0,77 se consideran como un uso "alto" promedio de la intensidad energética en el hogar.

Retroalimentación del PEMAR

La retroalimentación a corto plazo dentro del PEMAR permitió establecer una nueva LB en la comunidad "4to Congreso" en el año 2017, cuando se monitoreó la contribución a la mejora de la calidad de vida en la comunidad seleccionada. La transformación ocurrida al respecto, se refleja en el siguiente informe, elaborado por el GTDL del CAM de Fomento: Control de la contribución al mejoramiento de la calidad de vida del proyecto inversión energético "4to Congreso".

Al cierre del año 2017 el GTDL corrobora que la misma ha tenido una producción de energía de 8,45 MWh. La información de la comunidad en tres años de funcionamiento con respecto al horizonte de planeación del proyecto (ver tabla 4.5), permite evaluar el comportamiento real respecto a la LB, así como adecuar o perfeccionar las acciones y las estrategias gubernamentales a realizar en la localidad y el territorio.

Tabla 4.5. Estado de los recursos en la comunidad "4to Congreso" en la nueva LB (año 2017).

Tecnología/Recursos	RS	RN	RFin	RF	RH
Minihidroeléctrica (año 2014)	77,23	40,89	40,00	13,38	22,52
Actual microcentral hidroeléctrica (año 2017)	75,00	48,32	73,00	43,13	31,18

Fuente: tesis doctoral, (González, 2018).

Se observa un mejoramiento de la comunidad en 4 de 5 recursos en relación con la LB, con la excepción de un ligero deterioro en el RS. La contribución energética a la mejora de la calidad de vida, por cada una de las dimensiones críticas (y sus respectivos factores) se detalla a continuación:

- En la DS el factor "AHL" se eleva en 7,5 horas semanales (en la LB eran de 4,7 y en el año 2017 se habían elevado a 12,2), gracias a la disminución del tiempo empleado en la recolección de leña para la cocción de alimentos. Sin embargo, las lecciones obtenidas con este factor indican que deben potenciarse las acciones relacionadas con el aprovechamiento de este espacio de tiempo libre (podría ser a partir de la existencia de medios audiovisuales en el club de capacitación cultural), en función del desarrollo de actividades culturales, educativas y de ocio social. Disminuye en el período "IM", que poseía un porcentaje de migrantes del 20 % a cero en el período analizado. Por el contrario, regresan a la comunidad los pobladores que se habían trasladado al existir ahora mejores condiciones de vida y oportunidades comunitarias (nuevas fuentes de empleo e ingresos altos, electrificación en los hogares y servicios públicos, rehabilitación de la cadena de producción de café, entre otros). Esto conlleva a que el "NPAE" aumenta a 57 personas que es la población habitual en este asentamiento. Este fenómeno de retorno de la migración a la comunidad y las acciones del CAM como resultado de las actividades del proyecto de inversión realizado y sus estructuras contribuyó al mejoramiento del clima social visto en los niveles de "CS" y de la "PC" en la comunidad. No obstante, el ligero deterioro en la contribución energética al mejoramiento de la calidad de vida desde esta dimensión radica en que, a pesar de existir posibilidades para el "ARSoc." en relación con la LB esto no ocurre, aunque sí existe una reanimación de las existentes ya que aumentan los socios a la CCS "Aracelio Iglesias" (gracias al retorno de 26 personas), proponiéndose que dicha empresa gestione su condición de CCS "fortalecida".
- En la DA disminuyen los "IVeg." e "IVA" acuáticos que existían en la LB. Las acciones del GTDL encaminadas a potenciar este recurso, lograron disminuir el vertimiento de fluidos extraños que existían con la tecnología antigua y obsoleta. Una vez desmantelada esta, se realizaron acciones de saneamiento del embalse, para el aumento de la capacidad de agua embalsada. No obstante, para este período tan corto la capacidad de resiliencia del ecosistema contribuye a un mejoramiento muy discreto de esta dimensión. El factor "AER" aumenta considerablemente pues aumenta el aprovechamiento de recursos renovables (agua) en función de la disponibilidad del recurso "DR" (descrito arriba), y del grado de dependencia de la solución energética actual, con respecto a dicho recurso. Lo que deriva que la nueva instalación de la microcentral se instala con una capacidad de 15 kW de potencia, mientras que la instalada en la LB era solo de 6 kW. La "UCA" que provoca la instalación de la microcentral es considerada imperceptible. El "IP" es notorio, aunque como se trata de una microcentral ubicada en el perímetro de la comunidad, los pobladores estuvieron de acuerdo en usar este recurso para la generación de energía. Estos dos factores no se modifican para el período analizado en relación con la LB.
- La DE se ve impactada positivamente por la transferencia tecnológica. En la etapa de construcción y montaje de la nueva inversión, así como la desactivación de la antigua minihidroeléctrica (a finales del año 2014) se generaron 10 "NEI", los cuales se mantuvieron por cuatro meses. La instalación de la microcentral demandó de los tres "NED" existentes, destinados a los operadores de la planta, los cuales se prevé que se mantengan durante la vida útil de la tecnología. Aunque los "CIE" respecto a la LB por concepto de inversión inicial equivalente 1 024,00 USD/kW de potencia y gastos de operación y mantenimiento de 0,325 US\$/kWh (referidos en SURE según el ítem "definir ingresos y costos"), esta tecnología es menos costosa que la interconexión a la red y el uso de SFTV, que son las formas de energización que le suceden a la microcentral en el ordenamiento de las alternativas energéticas. Un comportamiento favorable tuvo el "CE". La CCS elevó a 12 ha el área para la recolección, la ocurrencia del fenómeno climatológico en el mes de septiembre trajo como consecuencia cuantiosas pérdidas de árboles de cafeto y de café, teniéndose un rendimiento real de 0.18 t/ha de café según reportes del presidente de la CCS, por debajo de la predicción realizada. Sin embargo, la instalación de sistemas de irrigación en los microviveros con disponibilidad para todo el

año provocó un aumento de la PM de la CCS ascendente a \$400 000,00 por concepto de venta de posturas la cual no fue afectada por el ciclón. Los empleos generados con la llegada de la energía, la venta de animales (ya sean formales o no), así como las remesas recibidas, aumentaron los ingresos mensuales de los pobladores, pero por debajo de 150 USD mensuales promedio que era lo previsto o esperado. A su vez, se amplía la capacidad de los trabajadores para obtener préstamos solo bancarios, no provenientes de la propia CCS debido al imprevisto del ciclón que disminuyó las contribuciones de los socios a la cuenta común de la CCS. También la transferencia tecnológica a la comunidad produjo otros impactos en las dimensiones que sustentan la mejora de la calidad de vida y la sostenibilidad del desarrollo. Ellos son:

- La contribución energética a la comunidad favoreció la DT ya que el factor "E" mejora con la alternativa energética instalada (en el año 2014). La hidroenergía no presenta dependencia de combustibles fósiles (lo cual impacta positivamente en el RN), no es una tecnología modular, pero posee una eficiencia del 80 % (una de las más elevadas en materia de FRE) y presenta una vida útil de 30 años según datos del fabricante, por lo que se encuentra acorde al horizonte de planeación de la inversión. Sin embargo, su real nivel de logro solo obtiene 43,13 lo cual estuvo determinado por el comportamiento del factor "I". Este factor experimentó un mejoramiento en relación con la LB, cubriéndose al 100 % el servicio de bombeo de agua, alumbrado público, el servicio eléctrico del club de capacitación (ubicado en el local de la antigua escuela eliminada por resolución estatal). Para todos ellos la potencia instalada permitió la disponibilidad energética las 24 horas del día, aunque el uso requerido es menor y los operadores, previo acuerdo con los pobladores, hacen un uso eficiente y óptimo del agua embalsada. Aunque su contribución cubrió los sectores de la comunidad donde la energía fue demandada, no se impactó en otros sectores como el alcantarillado, transporte público, el servicio telefónico y la recogida comunal de basura. Por otra parte, solo se elevó discretamente la "CV", ya que las 21 viviendas de la comunidad realizaron acciones constructivas de mejora solo a sus techos (pasaron de baja calidad de los techos a media calidad de los techos). Sin embargo, aunque esta dimensión contribuyó a la energización de las 21 viviendas, en el establecimiento de esta nueva LB, en el ítem "demanda de energía" los expertos predicen o proponen un posible uso final diferente de la energía proveniente de la hidroenergía y adicionar otra forma de tecnología paralelamente y al mismo tiempo con posibilidades de funcionar de manera híbrida. Esto es propicio a partir de las potencialidades del recurso natural sol y de la posible reanimación en la producción cafetalera. Asimismo, los expertos proponen redireccionar el uso de la energía actual (hidroenergía) solo para la potenciación de los servicios públicos y el crecimiento de las actividades económicas, con la posibilidad de adicionar y cubrir las demandas energéticas de las viviendas a partir de otras alternativas basadas en FRE, como la solar.
- La DH se favoreció ya que se produjo una elevación en la "CAT" de 0.32 a 0.38. Esto fue posible por el incremento de niveles de escolaridad en algunos de sus habitantes. No obstante, es importante señalar que la acción de recapacitar a tres trabajadores para realizar las actividades de operación y mantenimiento para la nueva microcentral y las actividades realizadas y relacionadas con otros temas culturales de capacitación, que definitivamente aumentan la capacidad al conocimiento de los pobladores, no se mide en el índice de escolaridad regular existente en la comunidad, y por lo tanto este constituye un aspecto que la autora ha recomendado analizar al equipo de trabajo de SURE. Se mejora el indicador de la salud ya que se elimina el uso de la leña en la cocción de alimentos, la cual resulta nociva para la salud humana. El factor "MEd." no sufrió transformación alguna en relación con la LB, ya que la escuela se elimina y sus educandos viajan diariamente al vecino poblado de Gavilanes.
- Aunque han existido logros en la DI persistió la ralentización de las acciones (en los procesos de coordinación en el orden interno, entre otros). El factor "CInst." tuvo dificultades en la coordinación entre la Asociación Cubana de Técnicos Agroforestales (ACTAF) de Sancti Spiritus y el sistema de trabajo establecido en el CAM con el CTAM y el GTDL donde participan las instituciones implicadas de la comunidad, localidad y territorio. Aunque las "PP" relacionadas con la problemática energética

de la comunidad "4to Congreso" se vienen cumpliendo (como por ejemplo la aplicación del cobro de la tarifa eléctrica por un valor de \$10,00), aún no se logra un efecto redistributivo (presupuesto municipal) en el mejoramiento de las vías de acceso a la comunidad y en el transporte, lo cual propiciaría una mayor infraestructura y un mejor y mayor flujo entre la comunidad y los poblados de Gavilanes, Pedrero, así como con la cabecera municipal que es Fomento.

La "CTD" aún es limitada pues no siempre se canalizan en tiempo y forma las propuestas del presidente de la CCS y del CP como máximos exponentes de las expectativas comunitarias en el tema de desarrollo local y energético. El factor "CNE" para la adquisición de la tecnología energética se logró a partir de las acciones del proyecto internacional "Contribución del uso de la energía renovable a partir de microcentrales hidroeléctricas al desarrollo de una agricultura sostenible y en defensa del medio ambiente en la región central de Cuba", financiado por el gobierno de Trento, Italia. Los gastos de la inversión total fueron financiados a partir del presupuesto del organismo superior de dirección empresarial (OSDE) UNE, la CCS, y adicionalmente y en menor medida por otras instituciones como la UCLV, el CAM, y la ACTAF de Sancti Spíritus.

Por otra parte, es de observarse que la problemática energética sí posee mecanismos de "SI" (licencia energética aprobada por el representante de la ONURE, atención de la empresa de hidroenergía, CITMA y otros). Es necesario tener en cuenta que la sostenibilidad del desarrollo a escala local desde la arista energética (o mejoramiento de la calidad de vida en general), no ha promovido en su planeación estratégica territorial los ajustes necesarios para el aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada en función de una mayor reanimación y diversificación energética y económica en la comunidad "4to Congreso".

Con la realización de la retroalimentación (y su informe conclusivo), el PEMAR demuestra la contribución a la mejora de la calidad de vida de la comunidad seleccionada desde la arista de la energización con tecnología basada en el uso de las FRE, a partir del mejoramiento de las dimensiones críticas con un ligero deterioro en la DS (aunque posee un nivel de logros en el umbral medio/alto). Esta alcanza un nivel de logros de 75,00 y disminuye en 2,23 puntos el nivel de logros de la LB. Este comportamiento se debió a que, a pesar de la llegada de la energía, no se ha producido un incremento de las redes sociales (que incluye redes económicas) y a que el aumento de las horas libres no ha devenido uso adecuado de este tiempo, ahora disponible.

La DA mejora respecto a la LB en 7,43 puntos, obteniendo un valor de 48,32. Este avance obedeció al mejor aprovechamiento del recurso agua, aunque sigue siendo bajo su nivel de logros, ya que la resiliencia del ecosistema se logrará en el mediano y largo plazos. En la DE es donde se producen los mayores impactos positivos de la transferencia tecnológica, ya que aumenta en 40,00 puntos pasando de un nivel de logros bajo a un nivel de logros medio con 73,00. Esto se debe a que existió un mejoramiento de todos los factores que intervinieron en su medición.

Los registros de la UEB de hidroenergía permitieron discernir que existió un aumento en cuanto a transferencia de energía que asciende a 80 154,00 kWh/año en la comunidad. De ellos se destinaron un aproximado de 8 869,50 kWh/año a las funciones productivas (ET_{DE}) y el resto, 70 955,48 kWh/año para el uso de hogares y servicios públicos (ET_{hsp}), distribuidos estos últimos en 62 679,20 kWh/año para el uso de los hogares y 8 2276,28 kWh/año en función de los servicios públicos. Entre ambos destinos finales, la energía aprovechada representó el 75% de la capacidad instalada. El IET_{DE} con un valor de 0.022 kWh/año/\$ indica que se transfirió energía para el desarrollo de la actividad productiva. Se realiza la observación de que el valor del coeficiente cercano a 0 denota que existió un comportamiento de baja intensidad energética con respecto a la PM. El ICBT, con un valor normalizado de 0,77 se considera como un uso "alto" promedio del consumo energético en el hogar. La transferencia de 62 679,20 kWh/año cubre las demandas energéticas de la población.

Conclusiones, (de mayor relevancia).

1. El sistema experto SURE-DSS es un método original que consiste de un software multicriterio que evalúa sistemáticamente los impactos potenciales del desarrollo energético desde cinco perspectivas de medios de vida sostenibles: natural, físico, humano, social y financiero, y recomienda una solución óptima. También proporciona un enfoque metodológico para la

recopilación y el análisis de datos. Como novedad científica podemos constatar que SURE es la única herramienta que ofrece un sistema de apoyo a la decisión que permite la combinación sistemática de dimensiones técnicas y no técnicas, combinando la tecnología energética con las necesidades y prioridades de la población.

2. El procedimiento propuesto (PEMAR) evalúa la contribución a la mejora en la calidad de vida, desde la energización a partir de tecnologías que usan las FRE en el ambiente rural. Consta de tres fases, resultados esperados, indicadores decisionales y mecanismo de retroalimentación. Su integralidad radica en la medición de las principales dimensiones del desarrollo (DS, DE, DA, DT, DH y DI) y en la singularidad de los factores que se integran a la evaluación del medio rural, especialmente en las ZNI.
3. La institucionalidad y conexión con la toma de decisiones se favorece con la fase III y con la propuesta de los indicadores IET_{DE} e ICBT, los cuales permiten discernir el aporte, en función de las características de las zonas rurales. Su mecanismo de retroalimentación delimita la real contribución en cada uno de los factores definidos por cada dimensión del desarrollo sostenible, a partir de parámetros que se adaptan a este ámbito. Se puede concluir que el procedimiento implementado reviste importancia metodológica y científica para la ciencia cubana, internacional y las políticas energéticas gubernamentales.

Resumen de presentaciones y publicaciones

Título del resultado: “La toma de decisiones en proyectos de energización rural para la contribución a la mejora de la calidad de vida”.

Publicaciones	#
Artículos en la Web of Science	1
Artículos en SCOPUS	1
Artículos en Grupo 2	3
Artículos en Grupo 3	2
Artículos en Grupo 4	0
Total	7

Otras Salidas	#
Libro	0
Libro de Proceedings	0
Patente / Norma / Registro	0
Monografía	0
Tesis de doctorado	2
Tesis de Maestría	5
Trabajos de Diploma	0
Total	7

Eventos	#
Internacionales, en el exterior	6
Internacionales, en Cuba	15
Nacionales	4
Provinciales	4
Otros	
Total	29

Avales	#
Internacionales	1
Nacionales	2
Provinciales	4
Municipales	2
Otros	0
Total	9

Publicaciones seriadas, monografías o libros, incluyendo:

1. J. Cherni, I. Diner, F. Henao, P. Jaramillo, R. Smith, Olalde R. (2007) Energy supply for sustainable rural livelihoods. A multi-criteria decision-support system. Energy Policy, volume 35, Issue 3, March, pages 1493-1504, UK, Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506001662>
Grupo de publicación I, FI (3.31)
Filiación: Colegio Imperial de Londres, Universidad ICESI, UCLV.
2. Judith A. Cherni, Raúl Olalde Font, Lucía Serrano, Felipe Henao and Antonio Urbina (2016) Systematic Assessment of Carbon Emissions from Renewable Energy Access to Improve Rural Livelihoods. Journal Energies Energies (19961073). Dec2016, Vol. 9 Issue 12, p1-19. 22p. 8 Charts, 3 Graphs. ISSN:19961073, Available on: <http://www.mdpi.com/1996-1073/9/12/1086/manuscript>
Grupo de publicación I, FI (2.077)
Filiación: Colegio Imperial de Londres, UCLV, Universidad Rey Juan Carlos, España, Universidad ICESI, Universidad Politecnica de Cartagena.
3. González T., Olalde R., Sánchez I; Cherni J. (2017) La inversión energética en el desarrollo rural y agrícola en Cuba. Caso de estudio comunidad “4to Congreso”, Sancti Spíritus. Revista Centro Agrícola, 48 (4): pp 13-21; octubre-diciembre, 2017, ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001, CE: 8915 CF: cag023162082. Disponible en <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-48-2017/numero-4-2017/6417-la-inversión->

[energética-en-el-desarrollo-rural-y-agrícola-en-cuba-caso-de-estudio-comunidad-“4to-congreso”-sancti-spíritus](#)

Grupo de publicación II.

Filiación: UCLV, Colegio Imperial de Londres.

4. Olalde R., González T., Herrera L., Cherni J., Urbina A. (2016) Innovación tecnológica energética en comunidades rurales. Caso de estudio comunidad de “Manantiales”, Villa Clara, Cuba. Revista Centro Agrícola, 43 (3): pp 13-21; julio-septiembre, 2016, ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001, CE: 8915 CF: cag023162082. Disponible en <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-43-2016/numero-3-2016/807-innovacion-tecnologica-energetica-en-comunidades-rurales-caso-de-estudio-comunidad-de-manantiales-villa-clara-cuba>

Grupo de publicación II.

Filiación: UCLV, Colegio Imperial de Londres, Universidad Politécnica de Cartagena.

5. González T., Olalde R., Sánchez I., Cherni J. (2015) Recurso financiero en la energización rural en Cuba. Caso de estudio: Comunidad “Las Calabazas”, Villa Clara. Revista COFIN HABANA, Revista cubana de Contabilidad y Finanzas, diciembre, pp 33-62, número 2, ISSN 20736061.

Grupo de publicación II.

Filiación: UCLV, Colegio Imperial de Londres.

6. Olalde R., González T., Herrera L., Cherni J. (2016) La introducción de tecnologías energéticas y su impacto en el recurso social, natural y financiero en comunidades rurales agrarias. caso de estudio comunidad rural “4to congreso”, en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba, Revista Científica de las Fuentes Renovables de Energía, Eco Solar, Vol. 55, enero-marzo, ISSN: 1028-6004, RNPS:

2220. Disponible en <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar55/HTML/articulo06N.html>

Grupo de publicación III.

Filiación: UCLV, Colegio Imperial de Londres.

7. Olalde F. R., González M. T., Pérez C. Y., Quintana P. C., Cherni J., Dyner R., I., Jaramillo A. P., Henao J., F., Smith R. (2011) Impacto de la hidroenergía en el desarrollo económico sustentable de comunidades rurales aisladas. aspectos esenciales del estudio de caso en una comunidad de Cuba. Technical articles, CERPCH UNIFEI, pp15-18, Disponible en:

<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/artigos/194cfff6e1bc79d31e981499edb089f2.pdf>

Grupo de publicación III.

Filiación: UCLV, Colegio Imperial de Londres, Universidad ICESI.

La acreditación de la introducción del resultado y de su impacto

Desde el año 2009, el grupo nacional de energía renovable, cogeneración, ahorro y eficiencia energética en su reunión ordinaria con acta #20 y acuerdo 95 aprueban una serie de acciones para la generalización del modelo para el apoyo a la toma de decisiones “SURE” en el país. Dado el nivel técnico requerido para su aplicación, se encomienda esta tarea a las universidades, creándose grupos de trabajo en las universidades de Las Tunas, Santiago de Cuba, Sancti Spíritus, Granma, Pinar del Río e Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa y se decide que la introducción del modelo a la práctica social se realice a propuesta y con la participación de la Asambleas Municipales del Poder Popular de cada comunidad rural objeto de estudio. Su sostenibilidad y el tiempo de aplicación se muestra a partir de su uso oficial en el año 2006 en la comunidad rural de “Manantiales” y en “Las Calabazas” ambas de

la provincia de Villa Clara, se aplica en la comunidad rural “La Vigía”, provincia de Santiago de Cuba, en las comunidades rurales “Palma Criolla”, “El Cilantro” y “Las Peladas” en la provincia de Granma, en la comunidad “Los Tumbos” en Pinar del Río, en la comunidad “Los Guallos”, provincia Las Tunas, en la comunidad “Los Indios”, provincia de Holguín y en la comunidad “Pozo Blanco” y “4to Congreso” en la provincia de Sancti Spíritus, mostrándose un proceso innovativo que va introduciéndose de manera sostenible en la práctica social. Estas aplicaciones fueron posibles debido a la colaboración de las Asambleas Municipales y la existencia de un tercer proyecto nacional, PNCIT titulado: “SURE, modelo para el apoyo a la toma de decisiones; su diseminación y aplicación práctica”, RESURL III, código: 00613470 y de los proyectos internacionales: “Renewable energy for sustainable development in rural communities, consolidation and applications, RESURL II”, y el proyecto “Small-scale energy technology for rural poor áreas. Decision-making tools for sustainability and future investment”, (as part of the Renewable Energy for Sustainable Livelihoods Project) (RESURL II/III), liderados por el Colegio Imperial de Londres. De las comunidades anteriormente mencionadas, en “Manantiales” y “4to Congreso”, se realizaron los procesos inversionistas acorde a los resultados de la aplicación del modelo SURE y de PEMAR y apoyados mediante otros dos proyectos internacionales de desarrollo local aprobados por el MINCEX y titulados: “Electrificación de la comunidad rural “Manantiales”, provincia de Villa Clara, Cuba” y “Contribución del uso de la energía renovable a partir de microcentrales hidroeléctricas al desarrollo de una agricultura sostenible y en defensa del medio ambiente en la región central de Cuba” en los cuales fueron socios fundamentales la universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, la Unión Nacional Eléctrica (UNE) y la Asociación Filorosso de Trento, Italia.

Se adjuntan avales de aplicación de nivel nacional, provinciales y municipales que corroboran las aplicaciones prácticas anteriormente referidas, incluyendo el Premio Academia de Ciencias de Cuba 2018.

Se adjuntan avales de aplicación de nivel nacional, provinciales y municipales que corroboran las aplicaciones prácticas e impactos anteriormente referidos.