

Jornadas Científico Tecnológicas

ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA PROPICIAR LA INCLUSIÓN ENERGÉTICA DE LA POBLACIÓN RURAL DISPERSA – APLICACIÓN A LA PROVINCIA DE MISIONES

Lic. Rodrigo Fernández (1), Ing. Armando Mazzoletti (1)

rafernandez@fce.unam.edu.ar

(1) Centro de Estudios de Energía para el Desarrollo

RESUMEN

El objetivo de este documento es presentar de manera resumida los principales resultados del proyecto de investigación “Proyecto SOSTENER: Soluciones Óptimas para Selección de Tecnologías en Electrificación Rural” El concepto de optimización utilizado en el estudio es el de determinar el mínimo subsidio requerido para alcanzar cierto nivel de bienestar en términos de energía puesta a disposición del usuario. La aplicación del Modelo se realiza para un conjunto de soluciones técnicas (Extensión de Líneas, Grupos Electrogenadores DIESEL, Distribución de Baterías, Paneles Solares) adecuadas para satisfacer desde requerimientos mínimos de energía, hasta alcanzar mayores niveles el bienestar. Se concluye que el método propuesto es adecuado para favorecer el proceso de toma de decisiones, así como se manifiesta la necesidad, y la conveniencia, de replantear el enfoque de la problemática de la electrificación rural, poniendo mayor énfasis en los niveles de bienestar asociados a cada alternativa técnica así como sus costos asociados.

Palabras Clave: Palabra clave 1; Palabra clave 2; etc.

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del Proyecto SOSTENER es contribuir a la búsqueda de soluciones óptimas, desde el punto de vista social, para el abastecimiento de energía eléctrica en áreas rurales en donde la demanda presenta distintos grados de dispersión en el territorio y tiene restricciones en su capacidad de pago. Partiendo de esta consideración general, se propuso como criterio de optimización la determinación del mínimo subsidio requerido para alcanzar cierto nivel de bienestar en términos de energía puesta a disposición del usuario.

Jornadas Científico Tecnológicas

Para dimensionar el problema baste considerar que aun cuando Argentina presentaba en el 2001 un grado de electrificación del 95%, existían entonces seis provincias con un grado de electrificación inferior al 90%, y entre estas provincias se encuentran las cuatro del NEA con los siguientes indicadores: Chaco – 86,3%, Corrientes – 88,4%, Formosa – 81,5% y Misiones – 88,3%. Cabe destacar que en todas las provincias del NEA la población rural representa más de un 20% de la población total, y en Misiones en particular cerca de un 30%, población que concentra los menores índices de electrificación.

Frente a estas situaciones, las estrategias impulsadas desde el Estado argentino hacen foco en dos situaciones extremas, por un lado el financiamiento blando de proyectos de extensión de redes rurales, básicamente mediante la utilización de fondos específicos (FEDEI y FCT), con lo cual se abarca las zonas rurales de mayor densidad relativa, por otro lado el subsidio de generación eléctrica descentralizada, basada principalmente en energías renovables (equipos de paneles solares fotovoltaicos, generadores eólicos, o sistemas híbridos), en el marco del PERMER y con financiamiento de la Banca de Desarrollo que prioriza este tipo de soluciones.

Frente a esta situación dicotómica, subsiste la discusión respecto a la eficiencia social en la aplicación de cada solución tecnológica, en términos de su costo de capital y del valor agregado local, dado tanto por el bienestar de los usuarios como de los efectos multiplicadores regionales de su implementación. En este sentido consideramos que cuando se trata de mecanismos articulados sobre la base de recursos públicos para el abastecimiento de población con capacidad de pago restringida, debe prevalecer el objetivo de optimizar la eficiencia social.

Para ello, se sintetizan en este resumen los resultados de un esquema de análisis basado en la determinación del grado de prestación de distintas soluciones tecnológicas (extensión de líneas, distribución de baterías, generación con grupos electrógenos, equipos fotovoltaicos), para un nivel de subsidio equivalente.

El objetivo del proyecto de investigación era evaluar estrategias de electrificación no convencionales, considerando el armado de una empresa de distribución de baterías con un funcionamiento similar al utilizado en la distribución de gas en garrafas por medio de camiones, con el objetivo de suministrar a las unidades de consumo con una solución tecnológica que les posibilitara mayores niveles de bienestar que el que se obtendría del uso de equipos fotovoltaicos.

METODOLÓGIA

En todo sistema eléctrico se distinguen dos subsistemas básicos:

- Subsistema de abastecimiento: que se organiza como industria con distintas figuras institucionales de separación vertical y horizontal y que reconocen como actividades diferenciadas: la generación, el transporte y la distribución.
- Subsistema de consumo: que reconoce segmentos de la demanda con diferentes modalidades de consumo y requerimientos de calidad, atendiendo al consumo final de los hogares, de la actividad productiva y de los servicios.

Desde el subsistema de abastecimiento, el desarrollo de la tecnología ha permitido alcanzar altísimos niveles de eficiencia en la conversión de la energía primaria en energía eléctrica, así

Jornadas Científico Tecnológicas

como la instalación de grandes módulos de producción eléctrica y el consecuente desarrollo de las redes de interconexión, primero regionales, luego nacionales y ahora internacionales.

Desde el subsistema de consumo, la penetración de la energía eléctrica se ha producido a gran velocidad en los centros urbanos. En este sentido, los sistemas eléctricos interconectados han resuelto el abastecimiento de los centros urbanos y han posibilitado una penetración parcial en las áreas rurales.

Sin embargo, quedan aún grandes áreas geográficas sin servicio eléctrico y la población rural que las habita se encuentra mayoritariamente en situación precaria, con niveles de actividad económica de subsistencia y altos índices de necesidades sociales básicas insatisfechas.

En este sentido, la primera fase de la investigación se orientó a la determinación de los niveles de consumo medio de la población rural, el cual se constituiría en el nivel de suministro objetivo para cualquier solución tecnológica a implementar. Para ello se realizó un análisis de las estadísticas del sector eléctrico, y posteriormente se procedió a su corroboración, y adecuación a la realidad misionera mediante un estudio de campo de un área rural de reciente electrificación en el departamento de Oberá, Misiones.

Posteriormente se propusieron diferentes soluciones tecnológicas capaces de acercar a los potenciales usuarios, de ámbitos rurales dispersos, a los niveles de consumo eléctrico objetivo, identificado en la instancia anterior, evaluando las siguientes alternativas:

- Extensión de líneas: Redes de 13,2 kV: Conductor Al/Al – Postación Madera. Aislamiento - Perno rígido – Disposición Horizontal. – CTMB: Monoposte de madera TRAFIO: 5 kVA – Red de BT: Acometida directa desde CTMB sin red de baja
- Distribución de baterías: Mediante una empresa eficiente de distribución de baterías. Para los hogares el equipamiento consiste en: bancos de baterías y sistema de conexión. Para la empresa: rodados, infraestructura y dotación de personal eficiente.
- Suministro 100% descentralizado con grupos electrógenos: Configuración Base de equipo de generación diesel portátil, potencia 1,2 kW, encendido manual, y tanque de almacenamiento de combustible de 200 litros.
- Suministro 100% descentralizado con equipos fotovoltaicos: Configuración base de solución como las utilizadas en PERMER: 2 paneles de 50 Wp, estructuras de soporte, conexión y tablero, regulador de carga y una batería.

La metodología empleada consistió en la determinación y comparación de costos normalizados de cada solución tecnológica, donde el criterio de normalización estaba dado por el nivel equivalente de bienestar suministrado, medio en términos de energía puesta a disposición de los usuarios.

RESULTADOS

Caracterización de los Consumos Medios

Para la caracterización de la demanda de energía eléctrica resulta imprescindible establecer el consumo promedio de electricidad por tipo de usuario. Para ello se han estimado los consumos medios de cuatro tipos de usuario: Residencial, Comercial, Industrial y Oficial. Asimismo, se han

Jornadas Científico Tecnológicas

calculado los indicadores para todas las provincias del NEA y para la Argentina como un todo, como se muestra en el Cuadro N° 1.

Facturación por Usuario kWh/año. Año 2006				
	Residencial	Comercial	Industrial	Oficial
Argentina	2362	12390	179961	24375
Chaco	2798	8842	43165	14686
Corrientes	2430	10807	159587	22083
Formosa	3031	11229	41305	18855
Misiones	2216	8390	94617	13012
Cooperativas	2040	9052	102364	8886
EMSA	2312	8068	88741	15475

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría de Energía - Informe del Sector Eléctrico - 2006

Cuadro N° 1: Facturación por Usuario en kWh/año – Año 2006

Del análisis del Cuadro N° 1 surge que el consumo promedio de energía en Misiones se acerca a la media nacional, con una diferencia de menos de 7%. Sin embargo, al analizar en particular el consumo medio de los usuarios correspondientes a las Cooperativas de la Provincia, este representa un 86% de la media nacional.

Los datos obtenidos del Censo 2001 referidos a la provincia de Misiones muestran una estructura socialmente diferenciada con una fuerte participación de los usuarios rurales que representaban cerca del 30% de la población total. Dicha población se dedica predominantemente a la agricultura familiar. En este sentido, la investigación permitió comprobar que las conclusiones generales del PROYECTO RETAIN¹ continúan siendo válidas para el análisis del contexto socioeconómico actual. En el Figura N° 1 se comparan los resultados RETAIN con los actuales.

¹ A fines de la década de 1980, en el marco de una red internacional de centros de investigación sobre fuentes renovables de energía, se desarrolló el proyecto RETAIN (Rural Energy Technology Assessment and Innovation Network). En Argentina, dicho estudio tenía como objetivos prioritarios: 1) la formulación de un método de evaluación para la toma de decisiones de inversión para el abastecimiento eléctrico en áreas rurales dispersas, y 2) la difusión de Micro Centrales Hidroeléctricas. Para la consecución de ambos objetivos se tomó como caso de análisis a la provincia de Misiones, ya que presentaba un alto grado de ruralidad en su población y un bajo grado de electrificación, a la vez que dispone de un alto potencial del recurso hídrico.

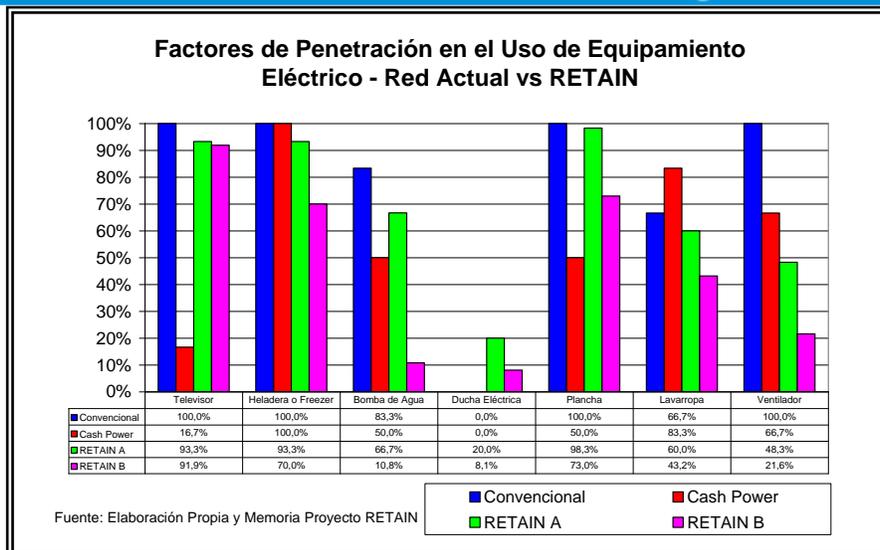


Figura N° 1: Factores de Penetración en el Uso de Equipamiento Eléctrico

Como puede observarse en el Figura N° 1 la penetración de usos en los usuarios convencionales² se aproxima en general a las de los usuarios denominados RETAIN A (viviendas con Alta Calidad Relativa de Vivienda, lo cual representaría una situación socioeconómica favorable), en tanto que los usuarios Cash Power mostrarían una situación socioeconómica similar o ligeramente inferior a la del caso RETAIN B (viviendas con Media Calidad Relativa de Vivienda, lo cual representaría una situación socioeconómica media)³.

En el gráfico, la penetración actual de la Heladera, el Lavarropa y el Ventilador, en ambos tipos de usuario, mayor que en los niveles predominantes en la década del 80, cuando se realizó el Estudio RETAIN, sería consistente con el abaratamiento relativo de algunos electrodomésticos.

Finalmente, al analizar los Consumos Medios Anuales por Tipo de Usuario, se observa que los usuarios Convencionales tienden a comportarse de manera similar a la de otros usuarios, en tanto el consumo medio de los usuarios residenciales es superior a los 2000 kWh – año, similar a un consumidor medio de las cooperativas de Misiones.

Es de destacar que estos consumos superan con creces los valores obtenidos en el estudio RETAIN, cuando los usuarios RETAIN A exhibían un consumo medio de 1300 kWh-año, al tiempo que los valores triplican el mostrado por los usuarios RETAIN B de 750 kWh-año. Por otra parte, al considerar los consumos medios de las áreas sub-urbanas de Oberá, Misiones, departamento que el cual se realizó el trabajo de campo, mostraban una media de 179,8 kWh-mes, o un equivalente anualizado de 2156 kWh-año, mientras que la zona con menores consumos (Mártires) mostraba un consumo mensual de 156 kWh-mes, equivalente a 1872 kWh-año.

² La Cooperativa Eléctrica de Oberá (CELO) tiene dos tipos de clientes: Convencionales que abonan sus facturas a fin del período de medición, y Cash Power: que abonan por adelantado los consumos ingresando por ser un sistema prepago de consumo.

³ En el PROYECTO RETAIN en el análisis de los usos domésticos de la electricidad se procedió a la subdivisión de las viviendas en función de la calidad de los materiales utilizados en su construcción y para estimar el comportamiento del consumo de energía de estos usuarios se realizaron encuestas a los pobladores rurales electrificados por redes.

Jornadas Científico Tecnológicas

Análisis de las Distintas Soluciones Tecnológicas

Los resultados obtenidos por el modelo se basan en soluciones técnicas teóricas, excepción hecha de los módulos de Paneles Solares tipo PERMER y la Extensión de Líneas. No obstante lo cual, en el diseño de cada una se tuvieron en cuenta las restricciones reales en lo referido a la escalabilidad de cada tipo de solución para alcanzar niveles superiores de prestación o bienestar por parte de los usuarios.

La interpretación del costo anual equivalente normalizado por unidad de energía puesta a disposición es directa en sistemas eléctricos maduros, en los cuales la demanda media de energía eléctrica, realizada por un usuario, así como las inversiones asociadas a la prestación y el bienestar obtenido de dicha demanda, se pueden considerar como marginales. Así, en la Figura N° 2, se presenta la comparación de los CAE en \$/kWh para distintas soluciones tecnológicas capaces de poner a disposición de los usuarios el equivalente a 1300 kWh/año, del mismo se interpreta que, para un nivel de densidad de 1 usuario/km, son aproximadamente equivalentes las soluciones tecnológicas de Extensión de Línea con un CAE de 2,9 \$/kWh, Grupo Electrónico BASE con 3 \$/kWh, superando incluso a los Paneles Solares 12M4B y Grupo Electrónico AUTO, ambos con un CAE de 3,5 \$/kWh. A medida que aumenta la dispersión de los usuarios, y disminuye la densidad en USUARIOS/Km, la alternativa de Extensión de Líneas deja de ofrecer el mínimo costo, y resultan más convenientes las soluciones descentralizadas.

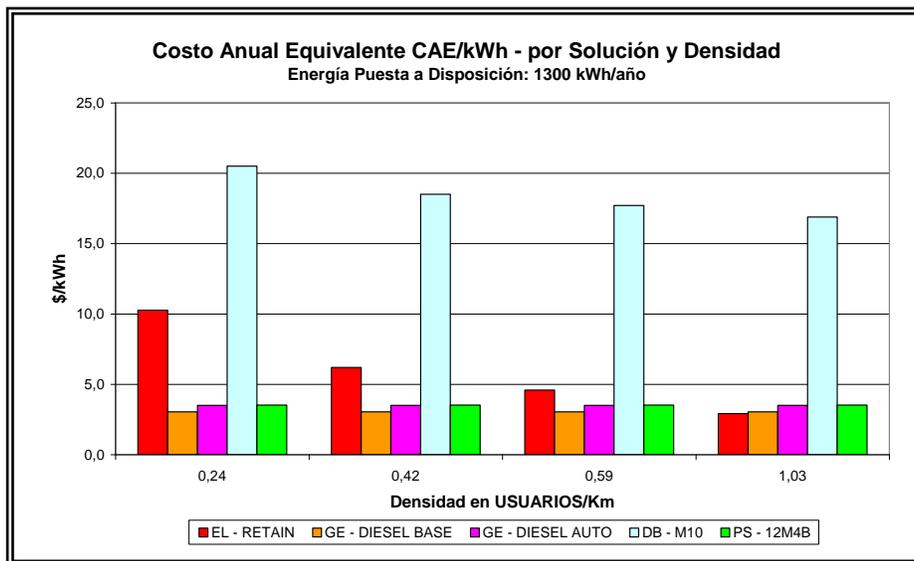


Figura N° 2: Costo Anual Equivalente CAE/kWh para cada Solución Tecnológica, por Densidad Relativa

En la Figura N° 2 resulta claro que la alternativa de la distribución de baterías es la solución de mayor costo, superando incluso a la instalación de microcentrales. Este resultado se mantiene incluso al analizar alternativas descentralizadas de Distribución de Baterías y Paneles Solares, escaladas para atender demandas de hasta 900 kWh/año, 500 kWh/año y 300 kWh/año.

El resultado anterior parece indicar que las soluciones adoptadas en general por las empresas distribuidoras de electricidad resultan óptimas desde el punto de vista económico. Sin embargo, en los casos en los cuales el servicio conlleva cambios significativos en el bienestar, y en los cuales un usuario adicional implica inversiones no marginales. Dichas soluciones serían

Jornadas Científico Tecnológicas

efectivamente equivalentes en aquellos casos en los cuales cada uno de los usuarios utilizara plenamente el equipamiento correspondiente a cada solución tecnológica, situación improbable en tanto se dimensionan soluciones para cubrir demandas máximas de energía y no para una situación promedio.

En realidad, en estos casos es conveniente el uso del CAE por usuario, que brinda información relacionada con la inversión, subsidio en este caso, involucrado en la prestación de servicio para atender a ese usuario, independientemente de que demande la energía máxima utilizada para dimensionar los equipamientos. Al comparar los CAE en \$/USUARIO, para las soluciones tecnológicas capaces de poner a disposición de los usuarios el equivalente a 1300 kWh/año, los resultados no difieren significativamente de los obtenidos anteriormente: solución tecnológica de Extensión de Línea para una densidad de 1 USUARIO/Km, y soluciones basadas en Grupos Electrónicos BASE o AUTOMÁTICO para densidades inferiores.

Cabe señalar que los resultados de los costos por usuario de los grupos electrógenos no incluyen la distribución y suministro del combustible hasta el usuario final, solución que queda bajo la responsabilidad del propio usuario, y situación que tiende favorecer sus resultados económicos. Razón por la cual, se analizaron vis a vis las alternativas descentralizadas de Distribución de Baterías y Paneles Solares, escaladas para atender demandas inferiores a 1300 kWh/año, en términos del CAE/USUARIO como se hace en la Figura N° 3 donde se obtienen conclusiones ligeramente diferentes.

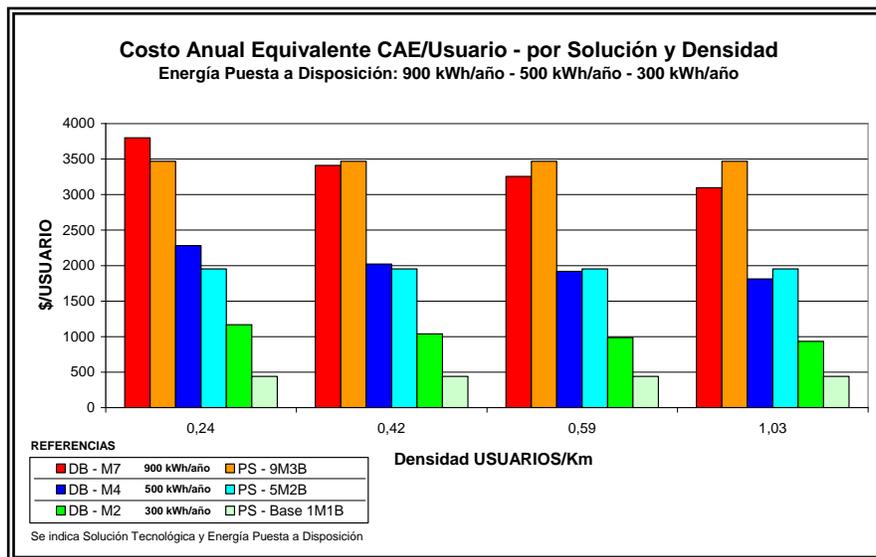


Figura N° 3: Costo Anual Equivalente CAE/USUARIO para cada Solución Tecnológica, por Densidad Relativa

Si bien para los muy bajos consumos, de hasta 300 kWh, la tecnología de Paneles Solares es la más conveniente, al incrementar los niveles de bienestar, entendido en términos de energía puesta a disposición, comienza a configurarse un ámbito en el cual la Distribución de Baterías resulta ser la mejor alternativa, en tanto minimiza el subsidio requerido. En el caso de demandas de hasta 500 kWh/año, en las dispersiones de 0,6 USUARIO/Km y 1 USUARIO/Km, la Distribución de Baterías es óptima; en tanto que en demandas de hasta 900 kWh/año la frontera de optimalidad de la distribución de baterías se extiende hasta los 0,4 USUARIOS/Km.

CONCLUSIONES

El análisis hasta aquí realizado permite extraer varios tipos de conclusiones respecto de la evaluación de tecnologías alternativas para electrificación de población rural, con restricciones en la capacidad de pago:

- Desde el punto de vista metodológico, el enfoque del problema de abastecimiento rural, desde la óptica de la definición de fronteras relacionadas con ciertas soluciones tecnológicas, y asociado a diferentes niveles de bienestar, resulta ser adecuado
- Desde el punto de vista analítico, el concepto de optimización propuesto en el estudio, como la determinación del mínimo subsidio requerido para alcanzar cierto nivel de bienestar en términos de energía puesta a disposición del usuario, posibilita la generación de información relevante al proceso de toma de decisiones para la diagramación de políticas sociales y de promoción del afincamiento rural
- Desde el punto de vista del diseño de políticas, se pudo confirmar que la política llevada a cabo por PERMER, tendiente a la difusión de soluciones descentralizadas basadas en paneles solares presenta los mínimos costos y por ende equivalen a la minimización del subsidio. Por otra parte, enfrentada esa solución al objetivo de incrementar los niveles de bienestar de la población, en términos de energía puesta a disposición, otras soluciones tecnológicas como la Distribución de Baterías, presentarían una mejor relación costo/beneficio, aún sin considerar los efectos multiplicadores sobre la economía local de ofrecer alternativas con una mayor participación del factor trabajo local